



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ระหว่างวิธีบ็อกซ์และเจนนินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนนินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่คงที่และไม่คงที่ โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบจากค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 และการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 4 ตอน ตามขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เสนอไว้ในบทที่ 3 ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และค่าการกระจายของข้อมูล

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลา

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนนินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนนินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ พร้อมทั้งการพยากรณ์อนุกรมเวลาล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา

ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนีเพื่อให้ทราบลักษณะการกระจายและการแจกแจงของข้อมูลเบื้องต้น โดยผู้วิจัยได้นำเสนอค่าเฉลี่ย ($\text{mean} = \bar{X}$) ค่าสูงสุด ($\text{maximum} = \text{MAX}$) ค่าต่ำสุด ($\text{minimum} = \text{MIN}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\text{standard deviation} = \text{SD}$) ความเบ้ ($\text{skewness} = \text{SK}$) ความโด่ง ($\text{kurtosis} = \text{KU}$) และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ($\text{coefficient of variation} = \text{CV}$) ของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในท้องสมุด (VISITOR) และข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างท้องสมุด (BORROW) ดังตาราง 14

ตาราง 14 การแจกแจงและการกระจายของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW)

ข้อมูล	n	MIN	MAX	\bar{X}	SD	SK	KU	CV
อนุกรมเวลา								
VISITOR	101	1,684	84,302	20,240.47	19,620.95	1.853	2.591	96.94
BORROW	101	0	871	172.58	237.22	1.248	.180	137.46

จากตาราง 14 สรุปได้ว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีค่าต่ำสุด คือ 1,684 ค่าสูงสุด คือ 84,302 ค่าเฉลี่ย คือ 20,240.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 19,620.95 ค่าความเบ้ คือ 1.853 ค่าความโด่ง คือ 2.591 และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย คือ 96.94 ดังนั้นจากการพิจารณาค่าต่างๆ ในภาพรวมสรุปได้ว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการแจกแจงเป็นแบบเบ้ทางขวา มีความโด่งเท่าไ้คงปกติ และข้อมูลมีการกระจายมาก

ในส่วนของคุณสมบัติของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีค่าต่ำสุด คือ 0 ค่าสูงสุด คือ 871 ค่าเฉลี่ย คือ 172.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 237.22 ค่าความเบ้ คือ 1.248 ค่าความโด่ง คือ .180 และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย คือ 137.46 ดังนั้นจากการพิจารณาค่าต่างๆ ในภาพรวมสรุปได้ว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการแจกแจงเป็นแบบเบ้ทางขวา มีความโด่งต่ำกว่าไ้คงปกติ และข้อมูลมีการกระจายมาก

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลา

ในตอนนี้นำผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยเพื่อให้ทราบโมเดลและลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุด โดยผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 การตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟ และตอนที่ 2 การตรวจสอบโดยการวิเคราะห์การถดถอย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 2.1 ผลการตรวจสอบความคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟ

การตรวจสอบในตอนนี้ เป็นการนำค่าสังเกตของข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุด รวม 2 ชุดที่เสนอไว้ในตาราง 15 - 16 มาพล็อตกราฟแสดงความคงที่และการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา จากการพล็อตกราฟพบว่าอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุด มีรูปแบบที่ไม่คงที่ โดยที่จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีแนวโน้มเป็นควอดราติก (quadratic) และมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง (linear) และมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ดังรายละเอียดในแผนภาพ 13 - 14 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาจากกราฟแล้วว่ามี การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ขั้นต่อไปจะพิจารณาลักษณะของข้อมูลโดยการวิเคราะห์การถดถอยว่ามีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวข้างต้นจริงหรือไม่

ตอนที่ 2.2 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการวิเคราะห์การถดถอย

การตรวจสอบในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุด ว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลา 2 ชุดนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน จากการพล็อตกราฟอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุด ในตอนที่ 2.1 พบว่าอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีแนวโน้มเป็นควอดราติก (quadratic) และมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง (linear) และมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่าข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุดมีแนวโน้มและฤดูกาลดังกล่าวข้างต้นจริงหรือไม่

ขั้นที่ 1 เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้มเส้นตรงหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

$$t = \frac{b_1}{S_{b_1}}$$

เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 X_{1t} + \beta_3 X_{2t} + \dots + \beta_{12} X_{11t} + \varepsilon_t$$

ทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$

$H_1 : \beta_1 \neq 0$

จากรูปแบบคูณ (multiplicative model)

$$Y_t = \beta_0 \beta_1^t \beta_2^{X_{1t}} \beta_3^{X_{2t}} \dots \beta_{12}^{X_{11t}} \varepsilon_t$$

ซึ่งแปลงให้เป็นรูปแบบบวก โดยการหาลอการิทึม ดังนี้

$$\ln Y_t = (\ln \beta_0) + (\ln \beta_1) t + (\ln \beta_2) X_{1t} + \dots + (\ln \beta_{12}) X_{11t} + (\ln \varepsilon_t)$$

$$Y'_t = \beta'_0 + \beta'_1 t + \beta'_2 X_{1t} + \beta'_3 X_{2t} + \dots + \beta'_{12} X_{11t} + \varepsilon'_t$$

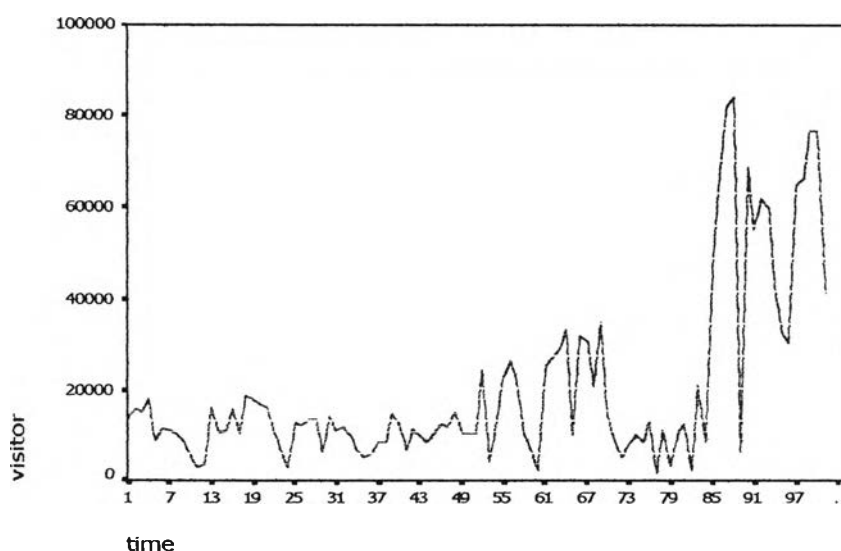
ทดสอบ $H_0 : \beta'_1 = 0$

$H_1 : \beta'_1 \neq 0$

หรือทำการตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้มควอดราติกหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

ตาราง 15 จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR)

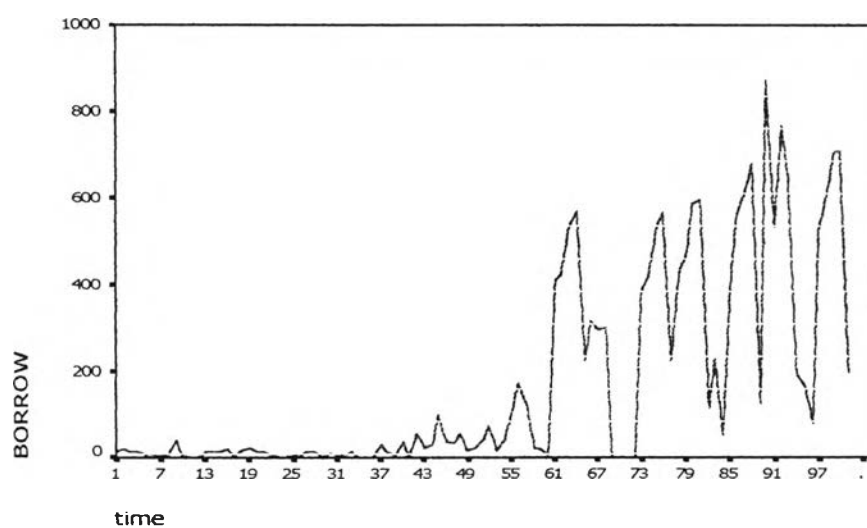
เดือน	ปีการศึกษา								
	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543
มิ.ย.	13930	16053	12804	8496	10604	25048	7877	48535	64805
ก.ค.	15810	10899	12090	8470	10568	27373	10293	65859	66302
ส.ค.	15075	11177	13583	14726	10394	28731	8452	81756	76534
ก.ย.	17995	15786	13370	12459	24447	33136	13321	84302	76673
ต.ค.	8924	10374	6259	6963	4203	10088	1684	6132	41317
พ.ย.	11588	18902	14131	11391	14347	31829	11050	68639	
ธ.ค.	11029	18167	11219	9934	22762	30712	3451	55376	
ม.ค.	10496	16921	11917	8401	26248	20653	10696	61741	
ก.พ.	8573	16051	9969	10433	21607	35028	12382	59987	
มี.ค.	5245	10948	6909	12459	9998	15252	2154	41995	
เม.ย.	3094	6090	5254	11984	6517	8919	21084	32427	
พ.ค.	3889	2891	6129	15271	2286	5372	8404	30409	



แผนภาพ 13 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR)

ตาราง 16 ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW)

เดือน	ปีการศึกษา									
	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543	
มิ.ย.	13	12	4	29	17	411	381	399	526	
ก.ค.	19	14	8	13	24	425	425	561	598	
ส.ค.	13	13	14	2	44	533	533	606	706	
ก.ย.	14	21	13	36	71	568	565	677	707	
ต.ค.	5	3	0	0	15	225	225	124	196	
พ.ย.	8	18	9	55	44	316	429	871		
ธ.ค.	3	24	8	24	89	295	471	533		
ม.ค.	7	13	2	28	172	300	585	766		
ก.พ.	41	12	12	100	124	0	595	651		
มี.ค.	3	3	1	37	22	0	116	191		
เม.ย.	0	0	0	34	19	0	228	167		
พ.ค.	1	0	0	57	7	0	52	80		



แผนภาพ 14 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW)

$$t = \frac{b_2}{S_{b_2}}$$

เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \beta_2 x_{1t} + \dots + \beta_{13} x_{11t} + \epsilon_t$$

ทดสอบ $H_0 : \beta_2 = 0$

$H_1 : \beta_2 \neq 0$

จากผลการตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดในขั้นที่ 1 ทั้งรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ พบว่า จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก มีค่า $t = 8.951$ ($p = .000$) และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก มีค่า $t = 13.963$ ($p = .000$) แสดงว่าจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบควอดราติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีการรวมกันของโมเดลเป็นแบบบวก และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีการรวมกันของโมเดลเป็นแบบคูณ ดังรายละเอียดในตาราง 17

ขั้นที่ 2 เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่

ขั้นที่ 2.1 เป็นการตรวจสอบว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial F-test

$$F = \frac{((SSR(t, x_{1t}, \dots, x_{11t}) - SSR(t)) / 11)}{SSE(t, x_{1t}, \dots, x_{11t}) / (n - 13)}$$

เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 X_{1t} + \beta_3 X_{2t} + \dots + \beta_{12} X_{11t} + \varepsilon_t$$

ทดสอบ $H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_{12} = 0$

$H_1 : \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{12}$ มีค่าไม่เป็น 0 อย่างน้อยหนึ่งค่า

จากรูปแบบคูณ (multiplicative model)

$$Y_t = \beta_0 \beta_1^t \beta_2^{X_{1t}} \beta_3^{X_{2t}} \dots \beta_{12}^{X_{11t}} + \varepsilon_t$$

ซึ่งแปลงให้เป็นรูปแบบบวก โดยการหาลอการิทึม ดังนี้

$$\ln Y_t = (\ln \beta_0) + (\ln \beta_1)t + (\ln \beta_2)X_{1t} + \dots + (\ln \beta_{12})X_{11t} + (\ln \varepsilon_t)$$

$$Y'_t = \beta'_0 + \beta'_1 t + \beta'_2 X_{1t} + \beta'_3 X_{2t} + \dots + \beta'_{12} X_{11t} + \varepsilon'_t$$

ทดสอบ $H_0 : \beta'_2 = \beta'_3 = \dots = \beta'_{12} = 0$

$H_1 : \beta'_2, \beta'_3, \dots, \beta'_{12}$ มีค่าไม่เป็น 0 อย่างน้อยหนึ่งค่า

ขั้นที่ 2.2 เป็นการตรวจสอบว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มควอดราติก มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial F-test

$$F = \frac{((SSR(t, t^2, x_1, \dots, x_{11}) - SSR(t, t^2)) / 11)}{SSE(t, t^2, x_1, \dots, x_{11}) / (n - 14)}$$

เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \beta_3 X_{1t} + \beta_4 X_{2t} + \dots + \beta_{13} X_{11t} + \varepsilon_t$$

ทดสอบ $H_0 : \beta_3 = \beta_4 = \dots = \beta_{13} = 0$

$H_1 : \beta_3, \beta_4, \dots, \beta_{13}$ มีค่าไม่เป็น 0 อย่างน้อยหนึ่งค่า

จากการตรวจสอบรูปแบบแนวโน้มและฤดูกาลแบบบวกและแบบคูณ พบว่า ข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีค่า $F = 3.067$ และค่าวิกฤต $F_{.01,(11,87)} \sim 2.34$ จึงทำให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติกและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยมีการรวมโมเดลของอนุกรมเวลาเป็นแบบบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่โมเดลแบบบวกนี้สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ได้ 44.70% ($R^2 = .447$) และในส่วนของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีค่า $F = 4.083$ และค่าวิกฤต $F_{.01,(11,88)} \sim 2.34$ จึงทำให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยมีการรวมโมเดลของอนุกรมเวลาเป็นแบบคูณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่โมเดลแบบคูณนี้สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ได้ 68.90% ($R^2 = .689$) ดังรายละเอียดในตาราง 17 - 18

ตาราง 17 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย

ข้อมูลอนุกรมเวลา	รูปแบบแนวโน้ม	R^2	t	P
VISITOR	ควอดราติก	.447	8.951	.00**
BORROW	เส้นตรง	.689	13.963	.00**

หมายเหตุ

**

หมายถึง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลง
เนื่องจากฤดูกาล โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย

ข้อมูล อนุกรมเวลา	แนวโน้ม	แนวโน้มและฤดูกาล		F
	SSR	SSR	SSE	
VISITOR	2.00×10^{10}	2.51×10^{10}	1.34×10^{10}	$\frac{(2.51 \times 10^{10} - 2.00 \times 10^{10})/11}{(1.34 \times 10^{10})/87} = 3.067$
BORROW	2,908,749	3,827,422	1,799,830	$\frac{(3,827,422 - 2,908,749)/11}{1,799,830/88} = 4.083$

หมายเหตุ แนวโน้ม VISITOR หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก
 แนวโน้ม BORROW หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง
 แนวโน้มและฤดูกาล VISITOR หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม
 ควอดราติกและการเปลี่ยนแปลง
 เนื่องจากฤดูกาล
 แนวโน้มและฤดูกาล BORROW หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง
 และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาดำวยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ วิธีบ็อกซ์ และเจ็นกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และการวิเคราะห์ การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนี เพื่อพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา 2 ชุด ได้แก่
 จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด
 (BORROW) โดยผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 3.1 เป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูล
 อนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ตอนที่ 3.2 เป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง
 2 ชุดด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และตอนที่ 3.3 เป็นผลการ
 วิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดด้วยการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ โดยในตอนนี้ 3.1
 ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ได้แก่ การกำหนดโมเดล การ
 ประมาณค่าพารามิเตอร์ การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล และการนำโมเดลที่เหมาะสมไป

พยากรณ์ค่าในอนาคต ตามลำดับ ตอนที่ 3.2 ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน ได้แก่ การกำหนดโมเดลให้กับอนุกรมเวลาก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน การกำหนดโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และการนำโมเดลที่เหมาะสมไปพยากรณ์ค่าในอนาคต และในตอนที่ 3.3 ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ ซึ่งผลการวิเคราะห์ในแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

จากผลการวิเคราะห์ในตอนที่ 2 พบว่า จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยที่โมเดลของข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการรวมกันแบบบวก และโมเดลของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการรวมกันแบบคูณ ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยเปลี่ยนโมเดลแบบคูณให้อยู่ในรูปโมเดลแบบบวกโดยการใส่ลอการิทึมแล้ววิเคราะห์ตามขั้นตอนของวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ต่อไป โดยที่ผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 3.1.1 เป็นผลการวิเคราะห์ของข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และตอนที่ 3.2.2 เป็นผลการวิเคราะห์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.1.1 จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR)

3.1.1.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ในตาราง 16 มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์ (r_k) พบว่า r_1 และ r_{12} มีค่าใหญ่ แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติกและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลดังแผนภาพ 15 ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตอนที่ 2 ในตอนนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่โดยการหาผลต่าง (regular differencing) และหาผลต่างฤดูกาล (seasonal differencing)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแปลงอนุกรมเวลาที่ไมคงที่ให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 2 (เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนว

โน้มควอดราติก) และหาผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 แล้วกำหนดโมเดล $ARMA(p,q) \times SARMA(P,Q)_{12}$ ของผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 จากลักษณะคลอเรลโลแกรมของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 พบว่า r_1, r_{12} มีค่าใหญ่และ r_{11}, r_{22} มีค่าลดลงเข้าใกล้ 0 ดังแผนภาพ 15 ดังนั้นโมเดลที่เป็นไปได้คือ $Z_t \sim ARIMA(0,2,1) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$ หรือ $Z_t \sim IMA(2,1) \times SIMA(1,1)_{12}$ หรือ $W_t \sim MA(1) \times SMA(1)_{12}$ เขียนเป็นโมเดล W_t ได้ดังนี้

$$W_t = (1 - \theta_1 B)(1 - \theta_{12} B^{12}) \varepsilon_t$$

$$\text{เมื่อ } W_t = \nabla^2 \nabla_{12} Z_t = Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2} - Z_{t-12} + 2Z_{t-13} - Z_{t-14}$$

$$Z_t = \text{อนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด}$$

หลังจากนั้นผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าในขั้นต่อไป

Variable: VISITOR Missing cases: 4 Valid cases: 101

Autocorrelations: VISITOR

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1 - .75 - .5 - .25 0 .25 .5 .75 1							Box-Ljung	Prob.
1	.727	.098							***.*****	55.026	.000
2	.631	.098							***.*****	96.900	.000
3	.498	.097							***.*****	123.180	.000
4	.408	.097							***.****	141.022	.000
5	.480	.096							***.*****	165.974	.000
6	.413	.096							***.****	184.643	.000
7	.422	.095							***.****	204.350	.000
8	.259	.095							***.*	211.849	.000
9	.237	.094							***.*	218.176	.000
10	.222	.094							****	223.834	.000
11	.197	.093							****	228.311	.000
12	.265	.092							***.*	236.513	.000
13	.159	.092							***.	239.519	.000
14	.093	.091							**.	240.551	.000
15	-.025	.091							*	240.625	.000
16	-.064	.090							*	241.122	.000
17	-.034	.090							*	241.264	.000
18	-.034	.089							*	241.408	.000
19	.002	.089							*	241.409	.000
20	-.041	.088							*	241.624	.000
21	.012	.088							*	241.644	.000
22	.018	.087							*	241.686	.000
23	.036	.087							*	241.858	.000
24	.112	.086							**.	243.538	.000
25	.036	.085							*	243.717	.000
26	.028	.085							*	243.824	.000
27	-.003	.084							*	243.825	.000
28	.003	.084							*	243.827	.000
29	.075	.083							**.	244.649	.000
30	.102	.083							**.	246.172	.000
31	.124	.082							**.	248.451	.000
32	.056	.081							*	248.923	.000
33	.047	.081							*	249.255	.000
34	.044	.080							*	249.555	.000
35	.054	.080							*	250.015	.000
36	.092	.079							**.	251.367	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags: 100

แผนภาพ 15 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด

Variable: VISITOR Missing cases: 4 Valid cases: 101

Autocorrelations: VISITOR

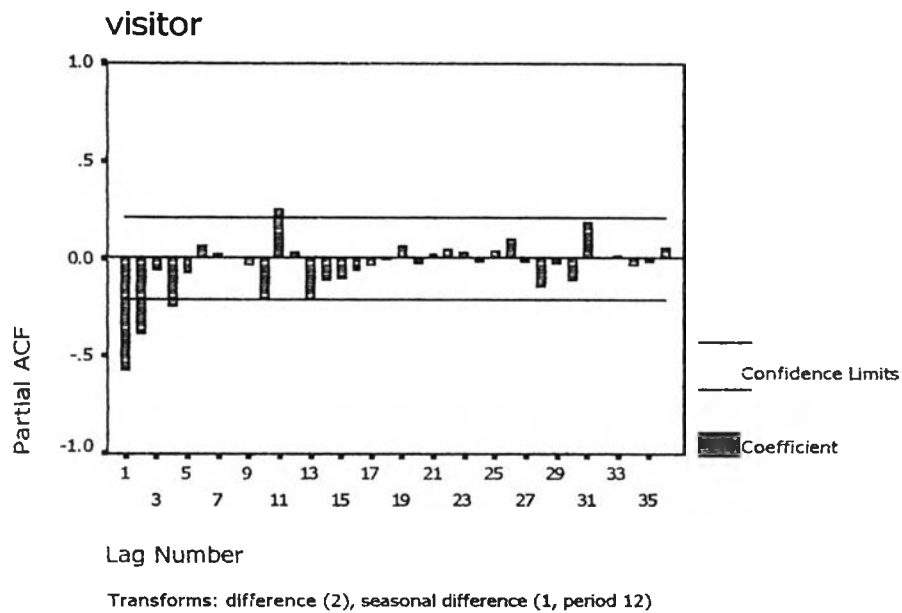
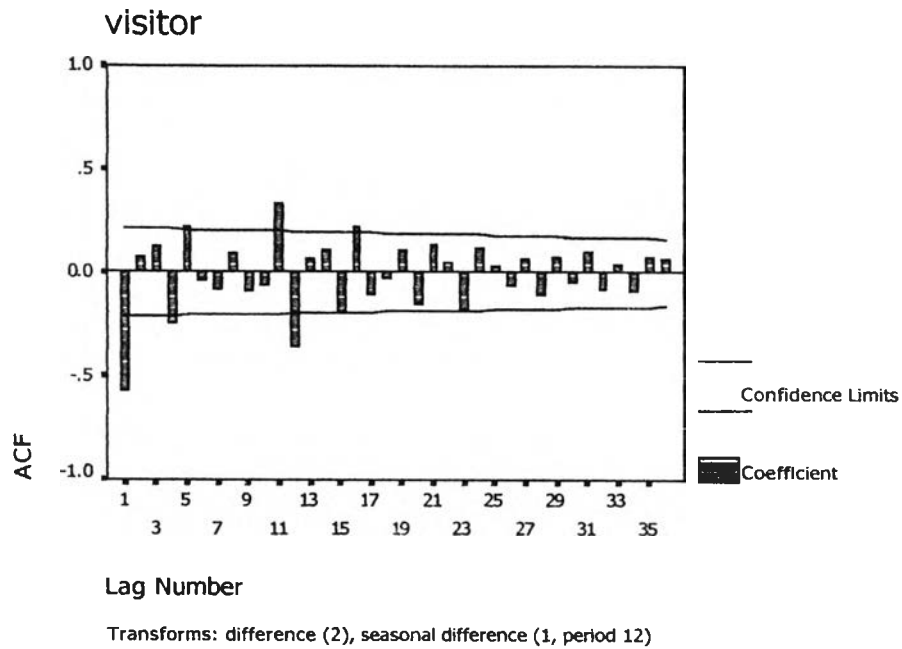
Transformations: difference (2), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	Plot							Box-Ljung	Prob.		
			-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1		
1	-.572	.105			*****	***	.	.	.	.	.	29.466	.000
2	.073	.105			.	.	*	.	.	.	.	29.949	.000
3	.127	.104			.	.	***	.	.	.	.	31.440	.000
4	-.245	.104			.	*	***	.	.	.	.	37.021	.000
5	.220	.103			.	.	****	.	.	.	.	41.606	.000
6	-.037	.102			.	.	*	.	.	.	.	41.736	.000
7	-.081	.102			.	.	**	.	.	.	.	42.366	.000
8	.090	.101			.	.	**	.	.	.	.	43.168	.000
9	-.087	.100			.	.	**	.	.	.	.	43.922	.000
10	-.060	.100			.	.	*	.	.	.	.	44.286	.000
11	.330	.099			.	.	***	***	.	.	.	55.366	.000
12	-.357	.098			***	***	.	.	.	.	.	68.510	.000
13	.068	.098			.	.	*	.	.	.	.	68.988	.000
14	.109	.097			.	.	**	.	.	.	.	70.245	.000
15	-.194	.096			.	.	****	.	.	.	.	74.312	.000
16	.223	.096			.	.	****	.	.	.	.	79.732	.000
17	-.107	.095			.	.	**	.	.	.	.	80.995	.000
18	-.029	.094			.	.	*	.	.	.	.	81.093	.000
19	.105	.094			.	.	**	.	.	.	.	82.348	.000
20	-.152	.093			.	.	***	.	.	.	.	85.023	.000
21	.132	.092			.	.	***	.	.	.	.	87.076	.000
22	.043	.092			.	.	*	.	.	.	.	87.300	.000
23	-.180	.091			.	.	****	.	.	.	.	91.208	.000
24	.118	.090			.	.	**	.	.	.	.	92.908	.000
25	.030	.089			.	.	*	.	.	.	.	93.018	.000
26	-.064	.089			.	.	*	.	.	.	.	93.531	.000
27	.067	.088			.	.	*	.	.	.	.	94.111	.000
28	-.109	.087			.	.	**	.	.	.	.	95.676	.000
29	.072	.087			.	.	*	.	.	.	.	96.375	.000
30	-.043	.086			.	.	*	.	.	.	.	96.630	.000
31	.096	.085			.	.	**	.	.	.	.	97.893	.000
32	-.079	.084			.	.	**	.	.	.	.	98.775	.000
33	.037	.084			.	.	*	.	.	.	.	98.976	.000
34	-.094	.083			.	.	**	.	.	.	.	100.264	.000
35	.077	.082			.	.	**	.	.	.	.	101.138	.000
36	.063	.081			.	.	*	.	.	.	.	101.747	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags after differencing: 86

แผนภาพ 16 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด



แผนภาพ 17 ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์บางส่วนของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด

3.1.1.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ โมเดล $ARIMA(0,2,1) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$ หรือ $IMA(2,1) \times SIMA(1,1)_{12}$ หรือ $MA(1) \times SMA(1)_{12}$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ใน

โมเดลจากแผนภาพ 18 ดังนี้ $\hat{\theta}_1 = 0.9492$, $\hat{\theta}_{12} = 0.5237$ และมีค่า $S_e^2 = 154,915,659.9$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{W}_t = (1 - 0.9492B)(1 - 0.5237B^{12})e_t$$

ต่อจากนั้นผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมในขั้นต่อไป

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	85	14240586807.9	154915659.9

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
MA1	.94920746	.10181294	9.3230535	.00000000
SMA1	.52372008	.12557397	4.1706100	.00007291

แผนภาพ 18 การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล MA(1)×SMA(1)₁₂

3.1.1.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้การทดสอบแบบ partial t-test เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \theta_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_0 : \theta_{12} = 0$$

$$H_1 : \theta_1 \neq 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสองการทดสอบ โดยมีค่า $t = 9.3231$ ($p = 0.000$) และ $t = 4.1706$ ($p = 0.000$) ตามลำดับ แสดงว่าโมเดล MA(1)×SMA(1)₁₂ มีความเหมาะสม และผู้วิจัยได้ใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า $\rho_k(e_t) = 0$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ นั่นคือ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่ายอมรับสมมติฐานหลักโดยมีค่า $Q_{10} = 21.403$ ($p = 0.018$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่าเป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปได้ว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

3.1.1.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำสมการพยากรณ์ที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ผลการพยากรณ์พบว่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังรายละเอียดในตาราง 19

Variable: ERR_27 Missing cases: 18 Valid cases: 87

Autocorrelations: ERR_27 Error for VISITOR from ARIMA, MOD_2 NOCO

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	Box-Ljung Prob.										
			-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1		
1	-.344	.105				***	***	.				10.660	.001
2	.038	.105				.	*	.				10.788	.005
3	-.022	.104				.	*	.				10.833	.013
4	-.156	.104				.	***	.				13.097	.011
5	.221	.103				.		****				17.707	.003
6	-.110	.102				.	**	.				18.869	.004
7	.086	.102				.		**	.			19.585	.007
8	-.130	.101				.	***	.				21.246	.007
9	-.035	.100				.	*	.				21.367	.011
10	-.019	.100				.	*	.				21.403	.018
11	.088	.099				.		**	.			22.195	.023
12	-.179	.098				.		****	.			25.495	.013
13	-.056	.098				.	*	.				25.825	.018
14	.110	.097				.		**	.			27.113	.019
15	-.128	.096				.	***	.				28.882	.017
16	.130	.096				.		***	.			30.737	.015

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags: 86

แผนภาพ 19 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล $MA(1) \times SMA(1)_{12}$

3.1.2 ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW)

3.1.2.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำคำสั่งเกิดปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ในตาราง 17 มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่า r_1 และ r_{12} มีค่าใหญ่ แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมที่ไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลดังแผนภาพ 18 ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตอนต้นที่ 2 ในตอนนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปที่คงที่โดยการหาผลต่าง (regular differencing) และหาผลต่างฤดูกาล (seasonal differencing)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาให้อยู่ในรูปคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 แล้วกำหนดโมเดล $ARMA(p,q) \times SARMA(P,Q)_L$ ของผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 จากลักษณะคอเรลโรแกรมของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 พบว่า $r_{1,1}$ และ $r_{12,12}$ มีค่าใหญ่ดังแผนภาพ 19 แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาคงที่ $r_k = 0$ สำหรับ $k = 2, 3, \dots$ และ r_{kk} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 โดย $r_{kk} = 0$ สำหรับ $k = 24, 36, \dots$ ดังนั้นโมเดลที่เป็นไปได้คือ $Z \sim ARIMA(1,1,0) \times SARIMA(1,1,0)_{12}$ หรือ $Z \sim ARI(1,1) \times SARI(1,1)_{12}$ หรือ $W_t \sim AR(1) \times SAR(1)_{12}$ เขียนเป็นโมเดลของ W_t ได้ดังนี้

$$(1 - \phi_1 B)(1 - \phi_{12} B^{12})W_t = \varepsilon_t$$

$$\text{เมื่อ } W_t = \nabla \nabla_{12} Z_t = Z_t - Z_{t-1} - Z_{t-12} + Z_{t-13}$$

$$Z_t = \text{อนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด}$$

หลังจากนั้นผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าในขั้นต่อไป

Variable: BORROW Missing cases: 4 Valid cases: 101
 Autocorrelations: BORROW

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1 -0.75 -0.5 -0.25 0 .25 .5 .75 1							Box-Ljung	Prob.
1	.736	.098							***.*****	56.372	.000
2	.631	.098							***.*****	98.264	.000
3	.448	.097							***.*****	119.588	.000
4	.372	.097							***.***	134.395	.000
5	.502	.096							***.*****	161.717	.000
6	.455	.096							***.*****	184.435	.000
7	.522	.095							***.*****	214.633	.000
8	.362	.095							***.***	229.263	.000
9	.373	.094							***.***	245.037	.000
10	.447	.094							***.*****	267.925	.000
11	.485	.093							***.*****	295.145	.000
12	.616	.092							***.*****	339.500	.000
13	.481	.092							***.*****	366.843	.000
14	.399	.091							***.*****	385.834	.000
15	.291	.091							***.**	396.104	.000
16	.252	.090							***.*	403.854	.000
17	.340	.090							***.***	418.147	.000
18	.295	.089							***.**	429.068	.000
19	.296	.089							***.**	440.164	.000
20	.193	.088							****	444.944	.000
21	.123	.088							**	446.926	.000
22	.183	.087							**.*	451.319	.000
23	.211	.087							**.*	457.273	.000
24	.298	.086							**.*	469.237	.000
25	.226	.085							**.**	476.210	.000
26	.171	.085							***	480.264	.000
27	.098	.084							**.	481.616	.000
28	.038	.084							*.	481.826	.000
29	.082	.083							**.	482.801	.000
30	.043	.083							*.	483.067	.000
31	.041	.082							*.	483.319	.000
32	-.004	.081							*.	483.321	.000
33	-.015	.081							*.	483.354	.000
34	.007	.080							*.	483.361	.000
35	.020	.080							*.	483.425	.000
36	.048	.079							*.	483.798	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags: 100

แผนภาพ 20 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือ
 ระหว่างห้องสมุด

Variable: BORROW Missing cases: 4 Valid cases: 101

Autocorrelations: BORROW

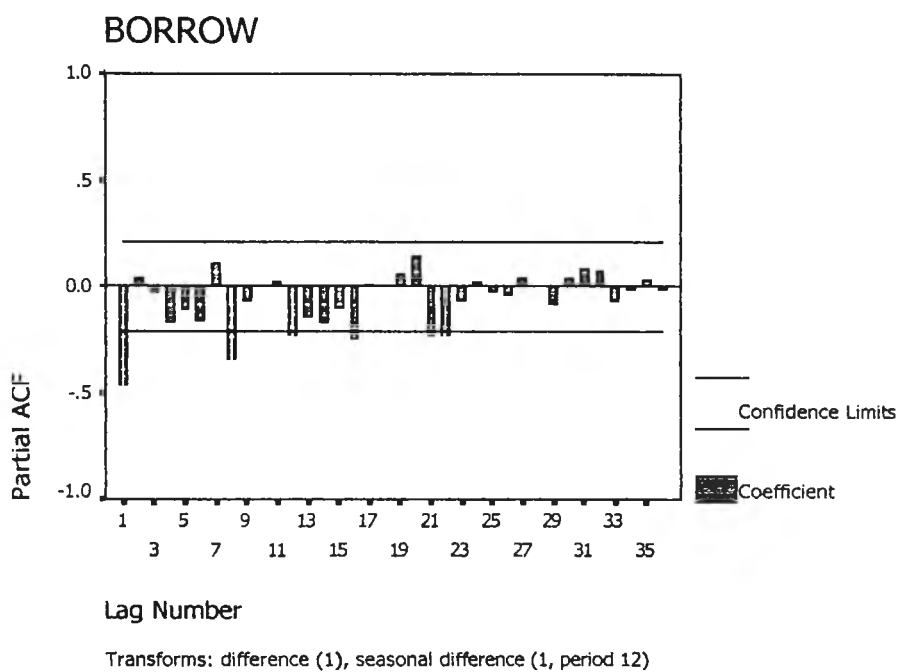
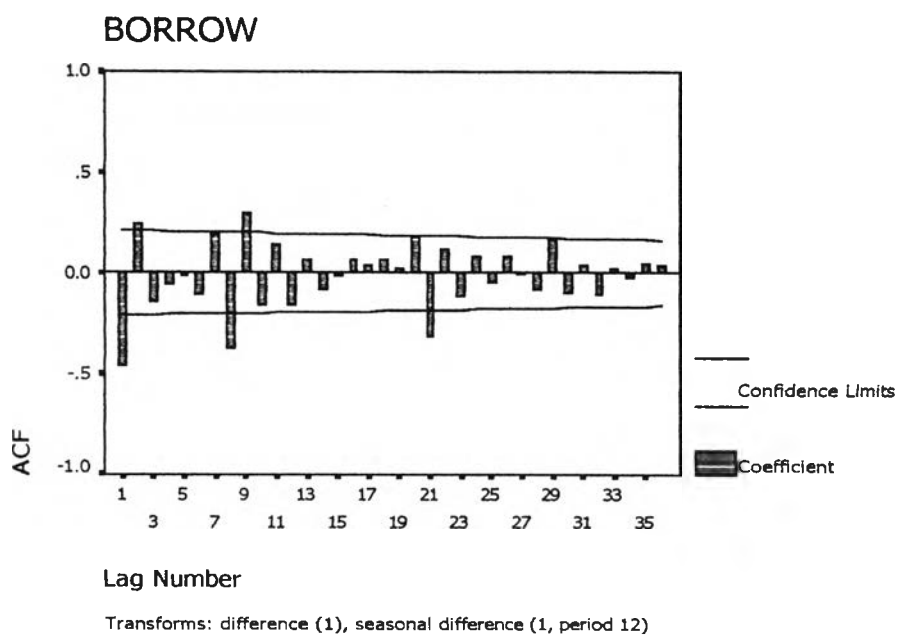
Transformations: difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1 -0.75 -0.5 -0.25 0 .25 .5 .75 1							Box-Ljung	Prob.	
1	-.458	.105			*****	***					19.098	.000
2	.241	.104						***	*		24.428	.000
3	-.141	.104				***					26.271	.000
4	-.053	.103				*					26.539	.000
5	-.011	.102				*					26.551	.000
6	-.105	.102				**					27.616	.000
7	.192	.101						****			31.213	.000
8	-.373	.101			***	***					44.968	.000
9	.300	.100						***	**		53.962	.000
10	-.161	.099				***					56.607	.000
11	.143	.099				*		***			58.705	.000
12	-.156	.098				***					61.231	.000
13	.062	.097				*					61.640	.000
14	-.085	.097				**					62.422	.000
15	-.015	.096				*					62.445	.000
16	.060	.095				*					62.842	.000
17	.043	.095				*					63.044	.000
18	.065	.094				*					63.516	.000
19	.020	.093				*					63.560	.000
20	.172	.093						***			67.006	.000
21	-.313	.092			**	***					78.565	.000
22	.117	.091				*		**			80.197	.000
23	-.117	.091				**					81.868	.000
24	.082	.090				*		**			82.709	.000
25	-.049	.089				*					83.006	.000
26	.078	.088				*		**			83.777	.000
27	-.002	.088				*		*			83.777	.000
28	-.081	.087				**					84.633	.000
29	.164	.086				*		***			88.232	.000
30	-.101	.086				**					89.619	.000
31	.043	.085				*		*			89.872	.000
32	-.106	.084				**					91.453	.000
33	.019	.083				*		*			91.503	.000
34	-.022	.083				*		*			91.573	.000
35	.048	.082				*		*			91.916	.000
36	.042	.081				*		*			92.179	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags after differencing: 87

แผนภาพ 21 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด



แผนภาพ 22 ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติและฟังก์ชันอัตโนมัติบางส่วนของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด

3.1.2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ โมเดล ARIMA(1,1,0)×SARIMA (1,1,0)₁₂ หรือ ARI(1,1)×SARI(1,1)₁₂ หรือ AR(1)×SAR(1)₁₂ ประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลจาก แผนภาพ 23 ดังนี้ $\hat{\phi}_1 = -0.3528$, $\hat{\phi}_{12} = -0.6948$ และมีค่า $S_e^2 = 0.8221$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$(1 + 0.3528B)(1 + 0.6948B^{12})\hat{W}_t = e_t$$

ต่อจากนั้นผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมในขั้นต่อไป

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	75	75.337762	.82211636

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
AR1	-.35281618	.10493857	-3.3621212	.00121999
SAR1	-.69474990	.07184249	-9.6704600	.00000000

แผนภาพ 23 การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล AR(1)×SAR(1)₁₂

3.1.2.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้การทดสอบแบบ partial t-test เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \phi_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_0: \phi_{12} = 0$$

$$H_1: \phi_1 \neq 0 \quad \quad \quad H_1: \phi_{12} \neq 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสองการทดสอบ โดยมีค่า $t = -3.3621$ ($p = 0.000$) และ $t = -9.6705$ ($p = 0.001$) ตามลำดับ แสดงว่าโมเดล AR(1)×SAR(1)₁₂ มีความเหมาะสม และผู้วิจัยได้ใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า $\rho_k(e_t) = 0$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ นั่นคือ

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1: \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่ายอมรับสมมติฐานหลักโดยมีค่า $Q_{10} = 9.149$ ($P = 0.518$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่าเป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

Variable: ERR_20 Missing cases: 28 Valid cases: 77
Some of the missing cases are imbedded within the series.

Autocorrelations: ERR_20 Error for BORROW from ARIMA, MOD_20 LN N

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	Box-Ljung Prob.										
			-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1		
1	-.116	.107					. **	.				1.176	.278
2	-.186	.104					****	.				4.375	.112
3	-.108	.103					. **	.				5.485	.140
4	.002	.101					.	*	.			5.486	.241
5	-.086	.102					. **	.				6.193	.288
6	-.032	.103					.	*	.			6.289	.392
7	.068	.099					.	*	.			6.764	.454
8	.090	.098					.	**	.			7.614	.472
9	-.056	.097					.	*	.			7.954	.539
10	.106	.097					.	**	.			9.149	.518
11	.212	.098					.	****	.			13.781	.245
12	-.270	.099					*.***	.				21.164	.048
13	-.127	.096					.***	.				22.921	.043
14	.026	.094					.	*	.			22.997	.060
15	.140	.093					.	***	.			25.231	.047
16	-.103	.093					. **	.				26.459	.048

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags: 70

แผนภาพ 24 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$

3.1.2.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำสมการพยากรณ์ที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ผลการพยากรณ์พบว่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังรายละเอียดในตาราง 19

ตาราง 19 ค่าพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกินส์

ช่วงเวลา ล่วงหน้า	จำนวนผู้เข้าใช้บริการ ในห้องสมุด (คน)	ปริมาณการยืมหนังสือ ระหว่างห้องสมุด (เล่ม)
พ.ย. 2543	78,228	228
ธ.ค. 2543	71,155	582
ม.ค. 2544	75,690	526
ก.พ. 2544	77,679	687
มี.ค. 2544	77,119	660

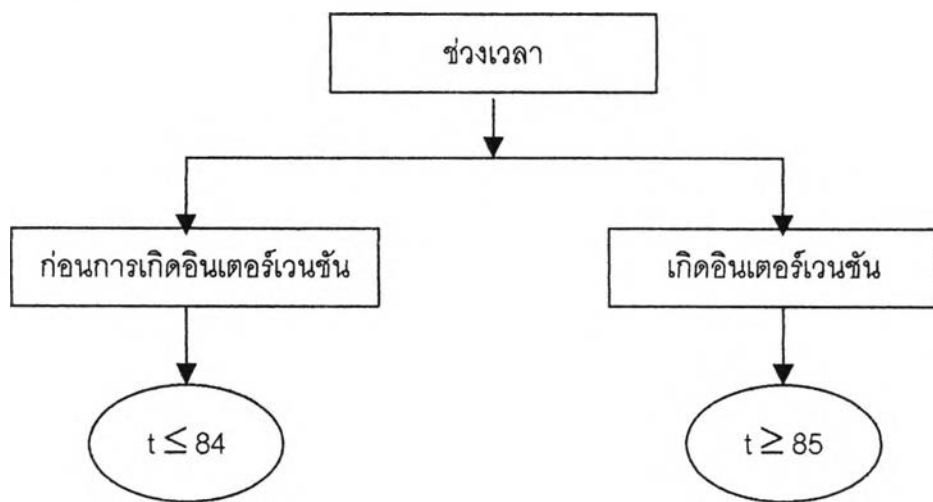
ตอนที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวชัน

จากผลการวิเคราะห์ในตอนต้นที่ 2 พบว่าจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติกและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยที่โมเดลของข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการรวมกันแบบบวก ส่วนโมเดลของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการรวมกันแบบคูณ ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยเปลี่ยนโมเดลแบบคูณให้อยู่ในรูปโมเดลแบบบวกโดยการใส่ลอการิทึม แล้ววิเคราะห์ตามขั้นตอนของวิธีบ็อกซ์และเงินกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวชันต่อไป โดยที่ผลการวิเคราะห์ในตอนต้นนี้ ผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 3.2.1 เป็นผลการวิเคราะห์ของข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และตอนที่ 3.2.2 เป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.1 จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR)

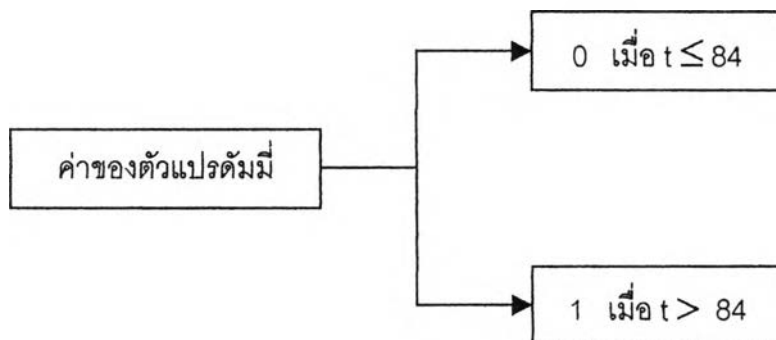
จากข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ดังแผนภาพ 13 ที่มีค่าสังเกตจำนวน 101 ค่า ที่เก็บรวบรวมตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2535 ถึงเดือนตุลาคม 2543 พบว่าในช่วงเวลาที่ 1 ถึงช่วงเวลาที่ 84 ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล และ

ในช่วงเวลาที่ 85 เป็นต้นไป ข้อมูลอนุกรมเวลามีค่าสูงขึ้นผิดปกติจนเกิดลักษณะที่เป็นอินเตอร์เวนชัน ซึ่งมีสาเหตุมาจาก แต่เดิมการนับจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดจะทำหน้าที่โดยบุคลากรในศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แต่หลังจากเดือนมิถุนายน 2542 (ช่วงเวลาที่ 85) เป็นต้นมา ได้นำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในการนับจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด จึงเกิดเหตุการณ์ที่มีลักษณะเป็นอินเตอร์เวนชันขึ้น ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงกำหนดให้ช่วงเวลาที่ $t \leq 84$ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน (preintervention) และกำหนดให้ช่วงเวลาที่ $t \geq 85$ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดอินเตอร์เวนชัน (intervention) ดังแผนภาพ 25



แผนภาพ 25 ระยะเวลาก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน และระยะเวลาที่เกิดอินเตอร์เวนชัน

โดยมีการกำหนดตัวแปรตมมีให้กับช่วงเวลาต่างๆ ดังแผนภาพ 26



แผนภาพ 26 การกำหนดค่าของตัวแปรตมมีในช่วงเวลาต่างๆ

สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1.1 การกำหนดโมเดลก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน ผู้วิจัยนำค่าสังเกตจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ในตาราง 15 มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตตะสหัสสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหัสสัมพันธ์บางส่วน พบว่าอนุกรมเวลา $\{y_t\}$ สำหรับ $t \leq 84$ ไม่คงที่ เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล สร้างอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t^y\}$ ที่เป็นอนุกรมคงที่ โดย $Z_t^y = \nabla \nabla_{12} Y_t = (1 - B)(1 - B^{12})Y_t = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-12} + Y_{t-13}$ จากคลอเรียโรแกรมในแผนภาพ 27 จะพิจารณาหารูปแบบ ARIMA ให้กับอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t^y\}$ พบว่า $Z_t^y \sim MA(1) \times SMA(1)_{12}$ เนื่องจาก r_1 และ r_{12} มีค่าใหญ่ ดังนั้นโมเดลจะมีลักษณะดังนี้

$$Z_t^y = (1 - \theta_1 B)(1 - \theta_{12} B^{12}) \varepsilon_t$$

หรือ

$$(1 - B)(1 - B^{12})Y_t = (1 - \theta_1 B)(1 - \theta_{12} B^{12}) \varepsilon_t$$

หรือ

$$Y_t = \frac{(1 - \theta_1 B)(1 - \theta_{12} B^{12})}{(1 - B)(1 - B^{12})} \varepsilon_t$$

Autocorrelations: VISITOR1

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.							Box-Ljung	Prob.	
			-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	.421	.107					.****	.****	15.418	.000	
2	.357	.107					.****	.****	26.656	.000	
3	.217	.106					.****		30.868	.000	
4	.032	.105					.*		30.962	.000	
5	.270	.105					.****	*	37.645	.000	
6	.146	.104					.****		39.620	.000	
7	.146	.103					.****		41.620	.000	
8	-.088	.103					.**		42.361	.000	
9	-.066	.102					.*		42.781	.000	
10	-.097	.101					.**		43.702	.000	
11	-.070	.101					.*		44.193	.000	
12	.143	.100					.****		46.256	.000	
13	-.085	.099					.**		46.985	.000	
14	.042	.098					.*		47.164	.000	
15	-.108	.098					.**		48.383	.000	
16	-.181	.097					.****		51.875	.000	
17	-.003	.096					.*		51.876	.000	
18	-.137	.096					.****		53.917	.000	
19	-.046	.095					.*		54.156	.000	
20	-.147	.094					.****		56.596	.000	
21	-.118	.093					.**		58.180	.000	
22	-.062	.093					.*		58.629	.000	
23	-.129	.092					.****		60.600	.000	
24	.016	.091					.*		60.632	.000	
25	-.108	.090					.**		62.064	.000	
26	-.069	.090					.*		62.662	.000	
27	-.082	.089					.**		63.521	.000	
28	-.117	.088					.**		65.293	.000	
29	-.044	.087					.*		65.552	.000	
30	-.081	.086					.**		66.427	.000	
31	-.049	.086					.*		66.751	.000	
32	-.144	.085					.****		69.620	.000	
33	-.114	.084					.**		71.463	.000	
34	-.051	.083					.*		71.846	.000	
35	-.007	.082					.*		71.854	.000	
36	.116	.082					.**		73.868	.000	

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags: 83

แผนภาพ 27 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด
ก่อนการเกิดอินเทอร์เน็ตเวบน

Variable: VISITOR1 Missing cases: 21 Valid cases: 84

Autocorrelations: VISITOR1

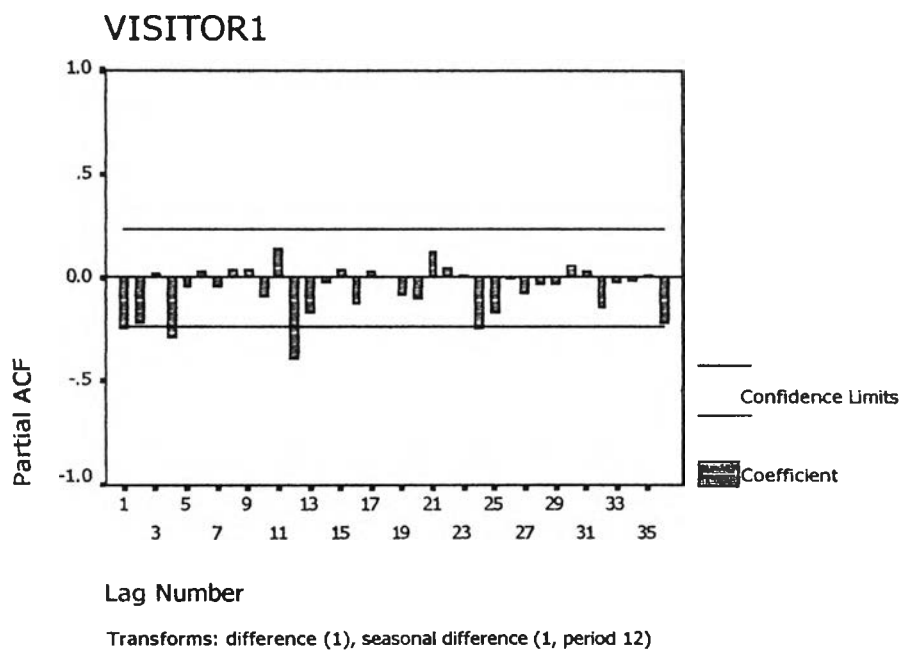
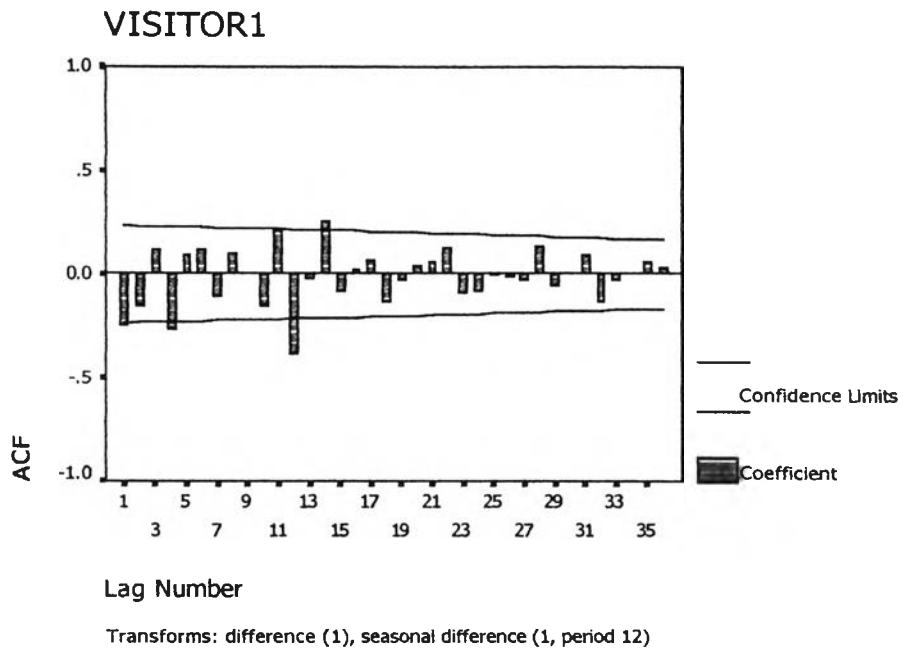
Transformations: difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1 - .75 - .5 - .25 0 .25 .5 .75 1								Box-Ljung	Prob.
1	-.244	.116				*****					4.405	.036
2	-.150	.115				***					6.102	.047
3	.116	.115				.	**				7.126	.068
4	-.263	.114				*****					12.466	.014
5	.092	.113				.	**				13.136	.022
6	.114	.112				.	**				14.172	.028
7	-.105	.111				.	**				15.066	.035
8	.101	.110				.	**				15.907	.044
9	.003	.109				.	*				15.907	.069
10	-.154	.108				***					17.924	.056
11	.206	.108				.	****				21.591	.028
12	-.378	.107			****	***					34.127	.001
13	-.018	.106				.	*				34.155	.001
14	.254	.105				.	***	*			40.032	.000
15	-.080	.104				.	**				40.631	.000
16	.023	.103				.	*				40.683	.001
17	.063	.102				.	*				41.069	.001
18	-.135	.101				***					42.853	.001
19	-.027	.100				.	*				42.926	.001
20	.035	.099				.	*				43.053	.002
21	.052	.098				.	*				43.339	.003
22	.128	.097				.	***				45.060	.003
23	-.094	.096				.	**				46.005	.003
24	-.083	.095				.	**				46.774	.004
25	-.001	.094				.	*				46.774	.005
26	-.016	.093				.	*				46.802	.007
27	-.026	.092				.	*				46.882	.010
28	.132	.091				.	***				48.998	.008
29	-.056	.090				.	*				49.386	.011
30	.005	.089				.	*				49.389	.014
31	.087	.088				.	**				50.370	.015
32	-.135	.087				***					52.776	.012
33	-.033	.086				.	*				52.921	.015
34	.003	.084				.	*				52.922	.020
35	.055	.083				.	*				53.354	.024
36	.030	.082				.	*				53.483	.030

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags after differencing: 70

แผนภาพ 28 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดก่อนการเกิดอินเทอร์เน็ตวงชั้น



แผนภาพ 29 ลักษณะของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดก่อนการเกิดอินเทอร์เน็ตเวบไซต์

3.2.1.2 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้การทดสอบแบบ partial t-test เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \theta_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_0 : \theta_{12} = 0$$

$$H_0 : \theta_1 \neq 0 \quad H_0 : \theta_{12} \neq 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสองการทดสอบ โดยมีค่า $t = 5.8243$ ($p = .000$) และ $t = 3.0144$ ($p = .004$) ตามลำดับ ดังแผนภาพ 30 แสดงว่าโมเดล $MA(1) \times SMA(1)_{12}$ มีความเหมาะสม และผู้วิจัยได้ใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า $\rho_k(e_t) = 0$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ นั่นคือ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่ายอมรับสมมติฐานหลักโดยมีค่า $Q_{10} = 5.150$ ($P = 0.881$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่าเป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสมสามารถนำไปรวมกับฟังก์ชันอินเตอร์เวนชันได้

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	69	24.690492	.31169057

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
MA1	.58277482	.10006015	5.8242448	.00000017
SMA1	.74160708	.24602454	3.0143622	.00360073

แผนภาพ 30 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล $MA(1) \times SMA(1)_{12}$ ก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน

Variable: ERR_32 Missing cases: 34 Valid cases: 71
 Autocorrelations: ERR_32 Error for VISITOR1 from ARIMA, MOD_10 LN

Lag	Auto- Corr.	Stand. Err.								Box-Ljung	Prob.
1	.027	.116				*				.055	.814
2	.019	.115				*				.084	.959
3	-.035	.115				*				.178	.981
4	-.128	.114				***				1.437	.838
5	.020	.113				*				1.469	.917
6	-.118	.112				**				2.581	.859
7	-.006	.111				*				2.583	.921
8	-.086	.110				**				3.186	.922
9	.077	.109				**				3.687	.931
10	-.131	.108				***				5.150	.881
11	-.084	.108				**				5.762	.889
12	-.136	.107				***				7.398	.830
13	-.053	.106				*				7.653	.865
14	.075	.105				*				8.163	.881
15	.020	.104				*				8.201	.915
16	.004	.103				*				8.202	.943

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags: 70

แผนภาพ 31 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล $MA(1) \times SMA(1)_{12}$ ก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน

3.2.1.3 พิจารณาหาฟังก์ชันอินเตอร์เวนชัน จากการพิจารณาการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดดังแผนภาพ 13 พบว่ามีลักษณะการเคลื่อนไหวเช่นเดียวกับแผนภาพ 10c ดังนั้นฟังก์ชันอินเตอร์เวนชันที่เป็นไปได้คือ $\omega_0 I_t$

3.2.1.4 กำหนดโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน จากการกำหนดโมเดลก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชันในขั้นที่ 3.2.1.1 และการกำหนดฟังก์ชันอินเตอร์เวนชันในขั้นที่ 3.2.1.3 จะได้โมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันดังนี้

$$Y_t = \omega_0 I_t + \frac{(1 - \theta_1 B)(1 - \theta_{12} B^{12})}{(1 - B)(1 - B^{12})} \varepsilon_t$$

หรือ
$$Z_t^y = \omega_0 Z_t^1 + (1 - \theta_1 B)(1 - \theta_{12} B^{12}) \varepsilon_t$$

เมื่อ
$$Z_t^1 = (1 - B)(1 - B^{12}) I_t$$

3.2.1.5 การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน จากโมเดลที่กำหนดขึ้นในข้อ 3.2.1.4 จะใช้ข้อมูลระยะเวลาทั้งหมดในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลได้ $\hat{\theta}_1 = 0.7816$, $\hat{\theta}_{12} = 0.7307$, $\hat{\omega}_0 = 41,952.5$ ดังรายละเอียดในแผนภาพ 32

$$\hat{Z}_t^y = 41,952.5 Z_t^1 + (1 - 0.7816B)(1 - 0.7307B^{12}) \varepsilon_t$$

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Std Error	T Ratio	Lag	Variable	Shift	Approx.
MA1,1	0.78157	0.07274	10.75	1	Y	0	
MA2,1	0.73071	0.11133	6.56	12	Y	0	
SCALE1	41952.5	6443.2	6.51	0	S	0	

แผนภาพ 32 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดโดยวิธีอริมาอินเตอร์เวนชัน

Autocorrelation Check of Residuals

To	Chi	Autocorrelations							
Lag	Square	DF	Prob						
6	1.89	4	0.757	0.112	-0.045	-0.055	0.029	0.045	-0.028
12	11.80	10	0.298	0.057	-0.252	-0.138	-0.053	-0.067	-0.096
18	14.03	16	0.596	-0.057	0.080	-0.006	0.079	0.069	-0.015
24	16.78	22	0.775	0.021	-0.040	0.128	-0.001	-0.070	0.019

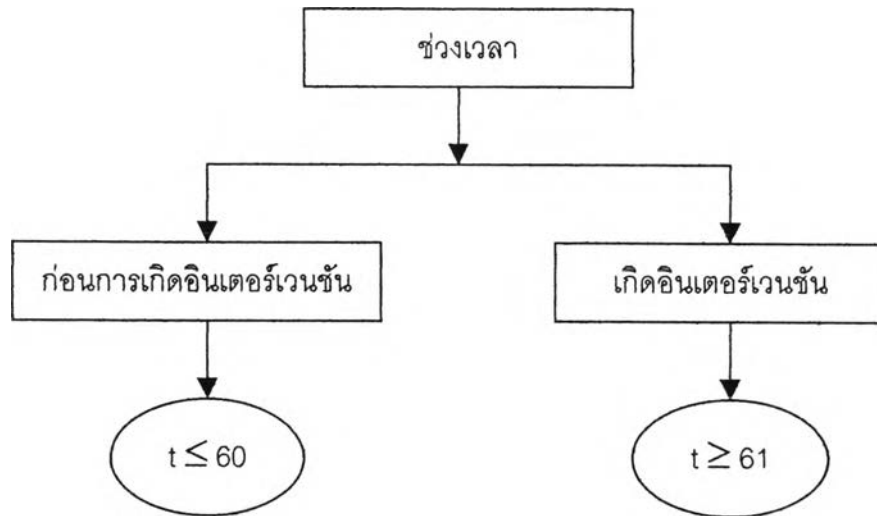
แผนภาพ 33 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยการทำ autocorrelation check ของค่าความคลาดเคลื่อน

3.2.1.6 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลอิริมาอินเตอร์เวนชัน จากการทดสอบ $H_0 : \theta_1 = 0$, $H_0 : \theta_{12} = 0$ พบว่าปฏิเสธ H_0 ทั้งสองการทดสอบ และจากการทดสอบ $H_0 : \omega_0 = 0$ พบว่าจะยอมรับ H_0 และจากการทำ autocorrelation check ของค่าความคลาดเคลื่อน มีค่า $p = 0.757, 0.298$ และ 0.596 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในแผนภาพ 33 ดังนั้นสรุปได้ว่าโมเดลอิริมาอินเตอร์เวนชันที่สร้างขึ้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้พยากรณ์

3.2.1.7 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ผลการพยากรณ์พบว่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงในเดือนมีนาคม 2544 ดังรายละเอียดใน ตาราง 20

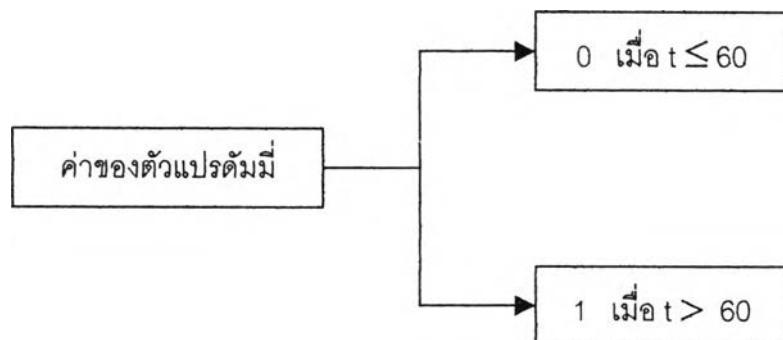
3.2.2 ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW)

จากข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ดังแผนภาพ 14 ที่มีค่าสังเกตจำนวน 101 ค่า ที่เก็บรวบรวมตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2535 ถึงเดือนตุลาคม 2543 พบว่าในช่วงเวลาที่ 1 ถึงเวลาที่ 60 ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล และในเดือนมิถุนายน 2540 (เวลาที่ 61) เป็นต้นไป ข้อมูลอนุกรมเวลามีค่าสูงขึ้นผิดปกติจนเกิดลักษณะที่เป็นอินเตอร์เวนชัน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากแต่เดิมศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุญาตให้อาจารย์ นิสิต และบุคลากร ภายนอก คณะครุศาสตร์ ซึ่งไม่รวมบุคคลทั่วไป เข้ามายืมหนังสือได้เฉพาะวันหยุด แต่ต่อมาอนุญาตให้เข้ามายืมหนังสือได้ทุกวัน จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่มีลักษณะเป็นอินเตอร์เวนชัน ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงกำหนดให้เวลาที่ $t \leq 60$ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน (preintervention) และกำหนดให้ช่วงเวลา $t \geq 61$ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดอินเตอร์เวนชัน (intervention) ดังแผนภาพ 34



แผนภาพ 34 ระยะเวลาก่อนการเกิดอินเทอร์เน็ตเวเนซัน และระยะเวลาที่เกิดอินเทอร์เน็ตเวเนซัน

โดยมีการกำหนดตัวแปรดัมมี่ให้กับช่วงเวลาต่างๆ ดังแผนภาพ 35



แผนภาพ 35 การกำหนดค่าของตัวแปรดัมมี่ในช่วงเวลาต่างๆ

สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเทอร์เน็ตเวเนซัน มีขั้นตอนดังนี้

3.2.2.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำคำสั่งเกิดปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ในตาราง 16 มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะ

สหสัมพันธ์บางส่วน พบว่าอนุกรมเวลา $\{y_t\}$ สำหรับ $t \leq 60$ ไม่คงที่ เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล สร้างอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t^y\}$ ที่เป็นอนุกรมคงที่ โดย $Z_t^y = \nabla \nabla_{12} Y_t = (1 - B)(1 - B^{12})Y_t = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-12} + Y_{t-13}$ จากคลอเรียแกรมในแผนภาพ 36 จะพิจารณาหารูปแบบ ARIMA ให้กับอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t^y\}$ พบว่า $Z_t^y \sim MA(1) \times SAR(1)_{12}$ เนื่องจาก r_1, r_{12} มีค่าใหญ่และค่าของ $r_{kk} = 0$ เมื่อ $k = 24, 36, \dots$ ดังนั้นโมเดลจะมีลักษณะดังนี้

$$(1 - \phi_{12} B^{12}) Z_t^y = (1 - \theta_1 B) \varepsilon_t$$

หรือ $(1 - \phi_{12} B^{12})(1 - B)(1 - B^{12})Y_t = (1 - \theta_1 B) \varepsilon_t$

หรือ
$$Y_t = \frac{(1 - \theta_1 B)}{(1 - \phi_{12} B^{12})(1 - B)(1 - B^{12})} \varepsilon_t$$

Variable: BORROW1 Missing cases: 45 Valid cases: 60

Autocorrelations: BORROW1

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	Correlation Scale								Box-Ljung	Prob.	
			-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1		
1	.575	.126					****	*****				20.813	.000
2	.303	.125					****	*				26.696	.000
3	.232	.124					****					30.205	.000
4	.186	.123					****					32.512	.000
5	.256	.122					****					36.941	.000
6	.157	.120					***					38.644	.000
7	.156	.119					***					40.350	.000
8	.147	.118					***					41.902	.000
9	.180	.117					****					44.275	.000
10	.208	.116					****					47.503	.000
11	.246	.115					****					52.099	.000
12	.198	.114					****					55.129	.000
13	.027	.112					*					55.186	.000
14	.075	.111					*					55.639	.000
15	.010	.110					*					55.647	.000
16	-.053	.109					*					55.881	.000
17	-.033	.108					*					55.976	.000
18	-.054	.106					*					56.237	.000
19	-.022	.105					*					56.279	.000
20	-.101	.104					**					57.229	.000
21	-.120	.102					**					58.604	.000
22	-.126	.101					***					60.160	.000
23	-.114	.100					**					61.463	.000
24	-.069	.098					*					61.958	.000
25	-.103	.097					**					63.086	.000
26	-.079	.096					**					63.761	.000
27	-.098	.094					**					64.835	.000
28	-.087	.093					**					65.720	.000
29	-.059	.091					*					66.138	.000
30	-.106	.090					**					67.526	.000
31	-.111	.088					**					69.103	.000
32	-.148	.087					***					72.005	.000
33	-.132	.085					***					74.398	.000
34	-.145	.084					***					77.417	.000
35	-.122	.082					**					79.641	.000
36	-.038	.080					*					79.870	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags: 59

แผนภาพ 36 ลักษณะฟังก์ชันอัตตสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือ
ก่อนการเกิดอินเทอร์เน็ตวงค์

Variable: BORROW1 Missing cases: 45 Valid cases: 60

Autocorrelations: BORROW1

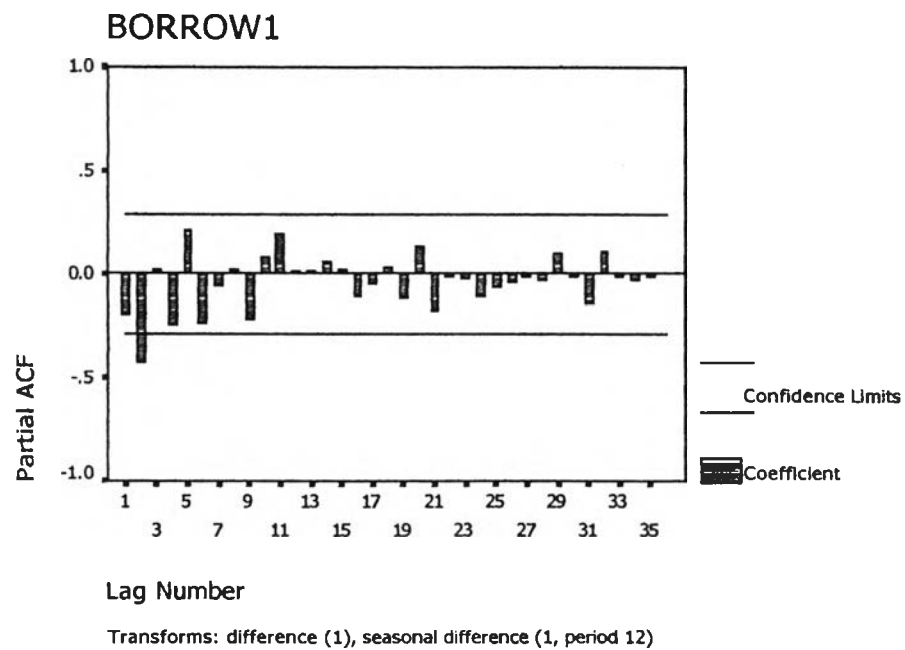
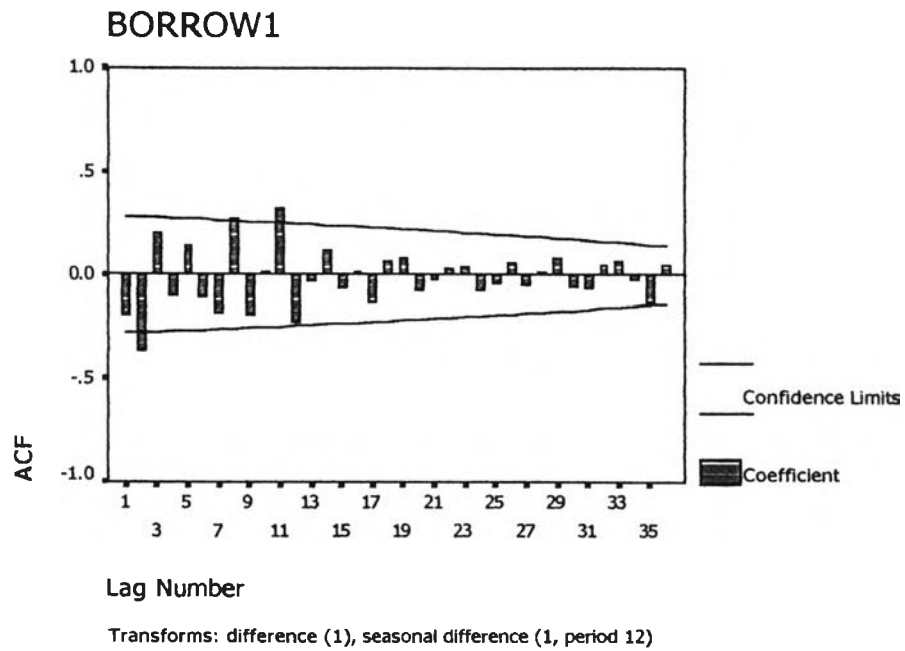
Transformations: difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-0.75	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	0.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	-.197	.141					****					1.940	.164
2	-.366	.140				* ****						8.780	.012
3	.205	.138					****					10.976	.012
4	-.102	.137					**					11.532	.021
5	.140	.135					***					12.602	.027
6	-.107	.133					**					13.240	.039
7	-.181	.132					****					15.132	.034
8	.273	.130					*****					19.519	.012
9	-.192	.128					****					21.746	.010
10	.009	.127					*					21.751	.016
11	.326	.125						**** **				28.532	.003
12	-.228	.123					*****					31.966	.001
13	-.034	.122					*					32.046	.002
14	.114	.120					**					32.951	.003
15	-.066	.118					*					33.262	.004
16	.010	.116					*					33.269	.007
17	-.136	.114					***					34.681	.007
18	.066	.112					*					35.022	.009
19	.083	.110					**					35.593	.012
20	-.075	.108					**					36.076	.015
21	-.025	.106					*					36.133	.021
22	.032	.104					*					36.228	.029
23	.036	.102					*					36.350	.038
24	-.071	.100					*					36.852	.045
25	-.036	.098					*					36.990	.058
26	.059	.095					*					37.366	.069
27	-.048	.093					*					37.627	.084
28	.011	.091					*					37.642	.105
29	.083	.088					**					38.515	.111
30	-.054	.086					*					38.915	.128
31	-.066	.083					*					39.539	.140
32	.047	.081					*					39.885	.160
33	.061	.078					*					40.493	.173
34	-.018	.075					*					40.550	.204
35	-.134	.072					***					44.004	.141
36	.049	.069					*					44.513	.156

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags after differencing: 46

แผนภาพ 37 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของการไหลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือก่อนการเกิดอินเทอร์เน็ต



แผนภาพ 38 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์บางส่วนของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดก่อนเกิดอินเทอร์เน็ต

3.2.2.2 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน
 ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้การทดสอบแบบ partial t-test เพื่อตรวจสอบ
 สมมติฐานดังนี้

$$H_0: \theta_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_0: \phi_{12} = 0$$

$$H_1: \theta_1 \neq 0 \quad \quad \quad H_1: \phi_{12} \neq 0$$

ผลการทดสอบพบว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก โดยมีค่า $t = 5.588$
 ($p = .000$) และ $t = -5.983$ ($p = .000$) แสดงว่าโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ มีความเหมาะสมและผู้วิจัย
 ได้ใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า $\rho_k(e_t) = 0$
 สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ นั่นคือ

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1: \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่ายอมรับสมมติฐานหลักโดยมีค่า $Q_{10} = 4.823$
 ($P = 0.903$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่าเป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัย
 กำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสมสามารถนำไปรวมกับฟังก์ชันอินเตอร์เวนชันได้

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	38	50.464567	.99882497

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
MA1	.64921965	.11618430	5.5878432	.00000212
SAR1	-.71509576	.11952590	-5.9827685	.00000058

แผนภาพ 39 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$
 ก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน

Variable: ERR_25 Missing cases: 65 Valid cases: 40
 Some of the missing cases are imbedded within the series.

Autocorrelations: ERR_25 Error for BORROW1 from ARIMA, MOD_32 LN

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	Box-Ljung								Prob.		
			-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1		
1	.022	.142					*					.024	.878
2	-.112	.136				.	**	.				.706	.703
3	-.039	.134				.	*	.				.792	.851
4	.020	.131				.	*	.				.816	.936
5	-.085	.134				.	**	.				1.221	.943
6	-.099	.136				.	**	.				1.756	.941
7	-.022	.127				.	*	.				1.785	.971
8	.161	.122				.		***	.			3.519	.898
9	-.070	.120				.	*	.				3.860	.920
10	.117	.120				.		**	.			4.823	.903
11	.228	.124				.		*****	.			8.167	.698
12	-.234	.127				.		*****	.			11.573	.481
13	-.123	.117				.	**	.				12.670	.474
14	-.072	.114				.	*	.				13.061	.522
15	-.061	.112				.	*	.				13.359	.575
16	-.158	.112				.		***	.			15.360	.498

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 105 Computable first lags: 34

แผนภาพ 40 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหลัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล MA(1)×SAR(1)₁₂

3.2.2.3 พิจารณาหาฟังก์ชันอินเตอร์เวนชัน จากการพิจารณาการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดดังแผนภาพ 14 พบว่ามีลักษณะการเคลื่อนไหวเช่นเดียวกับแผนภาพ 10c ดังนั้นฟังก์ชันอินเตอร์เวนชันที่เป็นไปได้คือ $\omega_0 I_t$

3.2.2.4 กำหนดโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน จากการกำหนดโมเดลก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชันในขั้นที่ 3.2.2.1 และการกำหนดฟังก์ชันอินเตอร์เวนชันในขั้นที่ 3.2.2.3 จะได้โมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันดังนี้

$$Y_t = \omega_0 I_t + \frac{(1 - \theta_1 B)}{(1 - \phi_{12} B^{12})(1 - B)(1 - B^{12})} \epsilon_t$$

หรือ
$$Z_t^y = \omega_0 Z_t^1 + \frac{(1 - \theta_1 B)}{(1 - \phi_{12} B^{12})} \varepsilon_t$$

เมื่อ
$$Z_t^1 = (1 - B)(1 - B^{12})I_t$$

3.2.2.5 การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดลอริมาอินเตอร์เวเนชัน จากโมเดลที่กำหนดขึ้นในข้อ 3.2.2.4 จะใช้อนุกรมเวลาทั้งหมดในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลได้ $\hat{\theta}_1 = 0.4673$, $\hat{\phi}_{12} = -0.1643$ และ $\hat{\omega}_0 = 219.7557$ ดังรายละเอียดในแผนภาพ 41

หรือ
$$\hat{Z}_t^y = 219.7557 Z_t^1 + \frac{(1 - 0.4673B)}{(1 + 0.1643B^{12})} e_t$$

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Std Error	T Ratio	Lag	Variable	Shift	Approx.
MA1,1	0.46725	0.09762	4.79	1	Y	0	
AR1,1	-0.16427	0.13257	-1.24	12	Y	0	
SCALE1	219.75568	77.70760	2.83	0	S	0	

แผนภาพ 41 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดโดยวิธีอริมาอินเตอร์เวเนชัน

3.2.2.6 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลอริมาอินเตอร์เวเนชัน จากการทดสอบ $H_0 : \phi_1 = 0$, $H_0 : \phi_2 = 0$ พบว่าปฏิเสธ H_0 ทั้งสองการทดสอบ และจากการทดสอบ $H_0 : \omega_0 = 0$ พบว่าจะยอมรับ H_0 และจากการทำ autocorrelation check ของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า P = 0.075, 0.029 และ 0.032 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในแผนภาพ 42 ดังนั้นสรุปได้ว่าโมเดลอริมาอินเตอร์เวเนชันที่สร้างขึ้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้พยากรณ์

Autocorrelation Check of Residuals

To	Chi	Autocorrelations							
Lag	Square	DF	Prob						
6	8.50	4	0.075	-0.034	0.172	-0.103	-0.161	-0.089	-0.135
12	20.01	10	0.029	0.102	-0.315	0.028	-0.087	0.037	0.008
18	27.99	16	0.032	0.001	-0.091	-0.032	0.037	0.225	0.110
24	40.90	22	0.008	0.084	0.011	-0.307	-0.046	-0.072	0.056

แผนภาพ 42 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยการทำ autocorrelation check ของค่าความคลาดเคลื่อน

3.2.2.7 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ผลการพยากรณ์พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงในเดือนมีนาคม 2544 ดังรายละเอียดในตาราง 20

ตาราง 20 ค่าพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด(BORROW) ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ โดยใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน

ช่วงเวลา ล่วงหน้า	จำนวนผู้เข้าใช้บริการ ในห้องสมุด (คน)	ปริมาณการยืมหนังสือ ระหว่างห้องสมุด (เล่ม)
พ.ย. 2543	70,084	843
ธ.ค. 2543	64,217	581
ม.ค. 2544	66,748	790
ก.พ. 2544	68,125	700
มี.ค. 2544	55,282	237

ตอนที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดั้มมี

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 3.3.1 การพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดั้มมี และ 3.3.2 การพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดั้มมี

3.3.1 การพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีแนวโน้มและ/หรือฤดูกาลหรือไม่

จากผลการวิเคราะห์ในตอนต้นที่ 2 พบว่า จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่แสดงแนวโน้มควอดราติกและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยที่โมเดลมีการรวมกันแบบบวก

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \beta_3 X_{1t} + \beta_4 X_{2t} + \beta_5 X_{3t} + \beta_6 X_{4t} + \beta_7 X_{5t} + \beta_8 X_{6t} + \beta_9 X_{7t} + \beta_{10} X_{8t} + \beta_{11} X_{9t} + \beta_{12} X_{10t} + \beta_{13} X_{11t} + \omega_0 I_t + \varepsilon_t$$

เมื่อ	$\beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$	อธิบาย	แนวโน้มแบบควอดราติก
	$\beta_3 X_{1t} + \beta_4 X_{2t} + \dots + \beta_{13} X_{11t}$	อธิบาย	การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล
	$\omega_0 I_t$	อธิบาย	ลักษณะของอินเตอร์เวนชัน
	ε_t	อธิบาย	ความคลาดเคลื่อน

ขั้นที่ 2 พิจารณารูปแบบของสมการการถดถอย โดยกำหนดให้ตัวแปรต้นมีเป็นตัวแปรอิสระและกำหนดให้ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) เป็นตัวแปรตาม มีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

ขั้นที่ 2.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของสมการการถดถอย

ขั้นที่ 2.1.1 การตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มควอดราติกหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

$$t = \frac{b_2}{S_{b_2}}$$

เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \beta_3 x_{1t} + \dots + \beta_{13} x_{11t} + \omega_0 t + \varepsilon_t$$

ทดสอบ $H_0 : \beta_2 = 0$

$H_1 : \beta_2 \neq 0$

จากผลการวิเคราะห์ค่า partial t-test ในตาราง 21 พบว่า มีค่า $t = -0.325$ ($p = 0.746$) จึงยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก ขั้นต่อไปทำการตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ตัวแปรอธิบาย	B	SE B	BETA	T	SIG T
Time	114.503	4,313.164	.171	.740	.461
Tsquare	-.566	154.743	-.089	-.325	.746
I	41,007.870	1.740	.786	8.773	.000**
X1	10,206.188	4,674.258	.149	2.298	.024*
X2	12,315.735	4,441.089	.180	2.776	.007**
X3	15,898.858	4,436.893	.232	3.586	.001**
X4	19,293.892	4,429.875	.282	4.335	.000**
X5	-2,488.387	4,427.188	-.036	-.562	.576
X6	13,743.778	4,551.782	.190	3.019	.003**
X7	11,280.818	4,549.054	.156	2.480	.015*
X8	11,775.240	4,546.682	.163	2.590	.011*
X9	12,587.544	4,544.719	.174	2.770	.007**
X10	3,897.605	4,543.226	.054	.585	.393
X11	2,643.674	4,542.272	.037	.582	.562

**P < .01
 *P < .05
 t = Time
 t² = Tsquare

ขั้นที่ 2.1.2 การตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นตรงหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

$$t = \frac{b_1}{S_{b_1}}$$

เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 x_{1t} + \dots + \beta_{12} x_{11t} + \omega_0 I_t + \varepsilon_t$$

ทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$

$H_1 : \beta_1 \neq 0$

จากผลการวิเคราะห์ค่า partial t-test ในตาราง 22 พบว่า มีค่า $t = 1.613$ ($p = 0.110$) จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ขั้นต่อไปทำการตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เน็ตเวบไซต์หรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

ขั้นที่ 2.1.3 การตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เน็ตเวบไซต์หรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

$$t = \frac{\hat{\omega}_0}{S\hat{\omega}_0}$$

เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เน็ตเวบไซต์

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เน็ตเวบไซต์

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1t} + \dots + \beta_{11} x_{11t} + \omega_0 I_t + \varepsilon_t$$

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ตัวแปรอธิบาย	B	SE B	BETA	T	SIG T
Time	65.951	40.881	.098	1.613	.110
I	39,906.169	3,206.580	.765	12.445	.000**
X1	10,246.614	4,416.481	.150	2.320	.023*
X2	12,348.663	4,412.888	.180	2.798	.006**
X3	15,923.156	4,409.670	.232	3.611	.001**
X4	19,308.427	4,406.829	.282	4.381	.000**
X5	-2,484.746	4,404.366	-.036	-.564	.574
X6	13,798.956	4,525.190	.191	3.049	.003**
X7	11,329.630	4,523.158	.157	2.505	.014*
X8	11,816.554	4,521.495	.163	2.613	.011*
X9	12,620.228	4,520.202	.175	2.792	.006**
X10	3,920.527	4,519.277	.054	.868	.388
X11	2,622.701	4,518.722	.037	.588	.558

**P < .01
*P < .05
t = Time

ทดสอบ $H_0: \omega_0 = 0$

$H_1: \omega_0 \neq 0$

จากผลการวิเคราะห์ค่า partial t-test ในตาราง 23 พบว่า มีค่า $t = 17.702$ ($p = .000$) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก สรุปได้ว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เน็ตเวบนซ์

ขั้นที่ 2.1.4 การตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เน็ตเวบนซ์ มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial F-test

$$F = \frac{((SSR(I, x_1, \dots, x_{11}) - SSR(I)))/11}{SSE(I, x_1, \dots, x_{11})/(n - 13)}$$

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ตัวแปรอธิบาย	B	SE B	BETA	T	SIG T
I	43293.193	2445.660	.830	17.702	.000**
X1	9587.565	4437.409	.140	2.161	.033*
X2	11755.565	4437.409	.172	2.649	.010**
X3	15396.009	4437.409	.225	3.470	.001**
X4	18847.231	4437.409	.275	4.247	.000**
X5	-2879.991	4437.409	-.042	-.649	.518
X6	13403.250	4559.496	.185	2.940	.004**
X7	10999.875	4559.496	.152	2.413	.018*
X8	11552.750	4559.496	.160	2.534	.013*
X9	12422.375	4559.496	.172	2.725	.008**
X10	3788.625	4559.496	.052	.831	.408
X11	2589.750	4559.496	.036	.568	.571

**P < .01

*P < .05

เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1t} + \dots + \beta_{11} x_{11t} + \omega_0 I_t + \varepsilon_t$$

ทดสอบ $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{11} = 0$
 $H_1: \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{11}$ มีค่าไม่เป็น 0 อย่างน้อยหนึ่งค่า

ผลการวิเคราะห์พบว่า

$$F = \frac{(3.12 \times 10^{10} - 2.71 \times 10^{10})/11}{(7.32 \times 10^9)/88} = 4.494$$

จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยใช้สถิติ

ทดสอบ partial F-test พบว่า มีค่า $F = 4.494$ และค่าวิกฤต $F_{0.1(11,88)} \sim 2.34$ จึงทำให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ดังนั้นจากการทดสอบในขั้นที่ 2.1.1 - 2.1.4 สรุปได้ว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้ใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มควอดราติกและแนวโน้มเส้นตรง แต่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เน็ตเวบไซต์และฤดูกาล

ขั้นที่ 2.2 กำหนดสมการการถดถอยที่ใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้ใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR)

สมการพยากรณ์คือ

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1X_{1t} + b_2X_{2t} + b_3X_{3t} + b_4X_{4t} + b_5X_{5t} + b_6X_{6t} + b_7X_{7t} \\ + b_8X_{8t} + b_9X_{9t} + b_{10}X_{10t} + b_{11}X_{11t} + \omega_t$$

หรือ

$$\hat{Y}_t = 3,919.726 + 9,587.565X_{1t} + 11,755.565X_{2t} + 15,396.009X_{3t} + 18,847.231X_{4t} \\ - 2,879.991X_{5t} + 13,403.250X_{6t} + 10,999.875X_{7t} + 11,552.750X_{8t} \\ + 12,422.375X_{9t} + 3,788.625X_{10t} + 2,589.750X_{11t} + 43,293.193I_t$$

ขั้นที่ 3 การพยากรณ์ค่าในอนาคต

ผู้วิจัยนำสมการการถดถอยในขั้นที่ 2.2 มาพยากรณ์จำนวนผู้ใช้บริการในห้องสมุดในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ผลการพยากรณ์พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล้วลดลง ดังรายละเอียดในตาราง 25

3.3.2 การพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาว่าข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีแนวโน้มและ/หรือฤดูกาลหรือไม่

จากผลการวิเคราะห์ในตอนต้นที่ 2 พบว่า ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยที่โมเดลมีการรวมกันแบบคูณ

$$Y_t = \beta_0 \beta_1^t \beta_2^{I_t} \beta_3^{X_{1t}} \beta_4^{X_{2t}} \beta_5^{X_{3t}} \beta_6^{X_{4t}} \beta_7^{X_{5t}} \beta_8^{X_{6t}} \beta_9^{X_{7t}} \beta_{10}^{X_{8t}} \beta_{11}^{X_{9t}} \beta_{12}^{X_{10t}} \beta_{13}^{X_{11t}} \epsilon_t$$

เมื่อ	$\beta_0 \beta_1^t$	อธิบาย	แนวโน้มแบบเส้นตรง
	$\beta_3^{X_{1t}} \beta_4^{X_{2t}} \dots \beta_{13}^{X_{11t}}$	อธิบาย	การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล
	$\beta_2^{I_t}$	อธิบาย	ลักษณะของอินเตอร์เวนชัน
	ϵ_t	อธิบาย	ความคลาดเคลื่อน

หรือ
$$\ln Y_t = \ln \beta_0 + (\ln \beta_1) t + (\ln \beta_2) I_t + (\ln \beta_3) X_{1t} + (\ln \beta_4) X_{2t} + (\ln \beta_5) X_{3t} + (\ln \beta_6) X_{4t} + (\ln \beta_7) X_{5t} + (\ln \beta_8) X_{6t} + (\ln \beta_9) X_{7t} + (\ln \beta_{10}) X_{8t} + (\ln \beta_{11}) X_{9t} + (\ln \beta_{12}) X_{10t} + (\ln \beta_{13}) X_{11t} + (\ln \epsilon_t)$$

หรือ
$$Z_t = Y_t = \beta'_0 + \beta'_1 t + \beta'_2 I_t + \beta'_3 X_{1t} + \beta'_4 X_{2t} + \beta'_5 X_{3t} + \beta'_6 X_{4t} + \beta'_7 X_{5t} + \beta'_8 X_{6t} + \beta'_9 X_{7t} + \beta'_{10} X_{8t} + \beta'_{11} X_{9t} + \beta'_{12} X_{10t} + \beta'_{13} X_{11t} + \epsilon'_t$$

ขั้นที่ 2 พิจารณารูปแบบของสมการการถดถอย โดยกำหนดให้ตัวแปรต้นมีเป็นตัวแปรอิสระและกำหนดให้ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) เป็นตัวแปรตาม มีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

ขั้นที่ 2.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของสมการการถดถอย

ขั้นที่ 2.1.1 การตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นตรงหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

$$t = \frac{b'_1}{S_{b'_1}}$$

เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$\begin{aligned} Y_t = & \beta'_0 + \beta'_1 t + \beta'_2 I_t + \beta'_3 X_{1t} + \beta'_4 X_{2t} + \beta'_5 X_{3t} \\ & + \beta'_6 X_{4t} + \beta'_7 X_{5t} + \beta'_8 X_{6t} + \beta'_9 X_{7t} + \beta'_{10} X_{8t} \\ & + \beta'_{11} X_{9t} + \beta'_{12} X_{10t} + \beta'_{13} X_{11t} + \varepsilon'_t \end{aligned}$$

ทดสอบ $H_0 : \beta'_1 = 0$

$H_1 : \beta'_1 \neq 0$

จากผลการวิเคราะห์ค่า partial t-test ในตาราง 24 พบว่า มีค่า $t = 5.590$ ($p = .000$) จึงทำให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นตรง ขั้นต่อไปทำการทดสอบว่าข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เวนชันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

ขั้นที่ 2.1.2 การตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เวนชันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial t-test

$$t = \frac{b'_2}{S_{b'_2}}$$

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ตัวแปรอธิบาย	B	SE B	BETA	T	SIG T
Time	2.926E-02	.005	.469	5.590	.000**
I	1.746	.316	.461	5.526	.000**
X1	1.475	.426	.238	3.459	.001**
X2	1.599	.425	.258	3.758	.000**
X3	1.518	.425	.245	3.574	.001**
X4	1.942	.424	.313	4.581	.000**
X5	.654	.446	.094	1.468	.146
X6	1.724	.433	.263	3.977	.000**
X7	1.519	.433	.232	3.510	.001**
X8	1.522	.432	.233	3.521	.001**
X9	2.099	.443	.302	4.740	.000**
X10	.345	.442	.050	.780	.438
X11	.894	.507	.099	1.763	.082

**P < .01
*P < .05
t = Time

เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเตอร์เวนชัน

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเตอร์เวนชัน

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$\begin{aligned}
 Y_t = & \beta'_0 + \beta'_1 t + \beta'_2 I_t + \beta'_3 X_{1t} + \beta'_4 X_{2t} + \beta'_5 X_{3t} \\
 & + \beta'_6 X_{4t} + \beta'_7 X_{5t} + \beta'_8 X_{6t} + \beta'_9 X_{7t} + \beta'_{10} X_{8t} \\
 & + \beta'_{11} X_{9t} + \beta'_{12} X_{10t} + \beta'_{13} X_{11t} + \varepsilon'_t
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ทดสอบ} \quad H_0 : \beta'_2 &= 0 \\ H_1 : \beta'_2 &\neq 0 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์ค่า partial t-test ในตาราง 25 พบว่า มีค่า $t = 5.526$ ($p = .000$) จึงทำให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเตอร์เวชัน

ขั้นที่ 2.1.3 การตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นตรงและอินเตอร์เวชัน มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial F-test

$$F = \frac{((SSR(t, I, x_1, \dots, x_{11}) - SSR(t, I))/11)}{SSE(t, I, x_1, \dots, x_{11})/(n - 14)}$$

เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า

$$\begin{aligned} H_0 : \text{ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล} \\ H_1 : \text{ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล} \end{aligned}$$

จากรูปแบบบวก (additive model)

$$\begin{aligned} Y_t = & \beta'_0 + \beta'_1 t + \beta'_2 I + \beta'_3 x_{1t} + \beta'_4 x_{2t} + \beta'_5 x_{3t} \\ & + \beta'_6 x_{4t} + \beta'_7 x_{5t} + \beta'_8 x_{6t} + \beta'_9 x_{7t} + \beta'_{10} x_{8t} \\ & + \beta'_{11} x_{9t} + \beta'_{12} x_{10t} + \beta'_{13} x_{11t} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ทดสอบ} \quad H_0 : \beta'_3 = \beta'_4 = \dots = \beta'_{13} &= 0 \\ H_1 : \beta'_2, \beta'_4, \dots, \beta'_{13} \text{ มีค่าไม่เป็น } 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า} \end{aligned}$$

ผลการวิเคราะห์พบว่า

$$F = \frac{(268.962 - 239.613)/11}{43.189/87} = 5.379$$

จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยใช้สถิติทดสอบ partial F-test พบว่า มีค่า $F = 5.379$ และค่าวิกฤต $F_{0.1,(11,87)} \sim 2.34$ จึงทำให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ดังนั้นจากการทดสอบในชั้นที่ 2.1.1 - 2.1.3 สรุปได้ว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเทอร์เวชัน และมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ชั้นที่ 2.2 กำหนดสมการการถดถอยที่ใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW)

สมการพยากรณ์คือ

$$\begin{aligned}\hat{Z}_t = Y'_t = & b'_0 + b'_1 t + b'_2 I_t + b'_3 X_{1t} + b'_4 X_{2t} + b'_5 X_{3t} \\ & + b'_6 X_{4t} + b'_7 X_{5t} + b'_8 X_{6t} + b'_9 X_{7t} + b'_{10} X_{8t} \\ & + b'_{11} X_{9t} + b'_{12} X_{10t} + b'_{13} X_{11t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{Z}_t = Y'_t = & -0.892 - 3.532 t + 0.557 I_t + 0.389 X_{1t} + 0.469 X_{2t} \\ & + 0.417 X_{3t} + 0.664 X_{4t} - 0.425 X_{5t} + 0.545 X_{6t} \\ & + 0.418 X_{7t} + 0.420 X_{8t} + 0.742 X_{9t} - 1.064 X_{10t} \\ & - 0.112 X_{11t}\end{aligned}$$

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา คำนวณจาก

$$\hat{Y}_t = \exp(\hat{Z}_t)$$

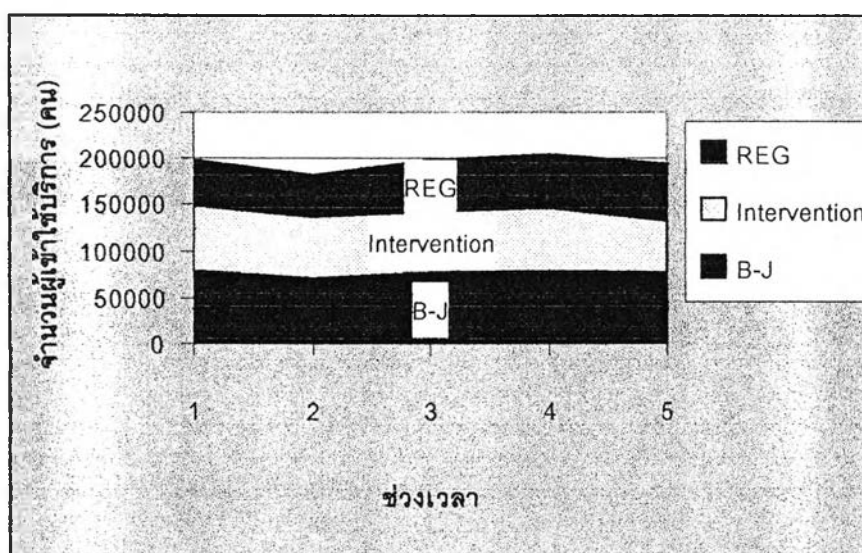
ชั้นที่ 3 การพยากรณ์ค่าในอนาคต

ผู้วิจัยนำสมการการถดถอยในชั้นที่ 2.2 มาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ผลการพยากรณ์พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล้วลดลง ดังรายละเอียดในตาราง 25

ตาราง 25 ค่าพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่

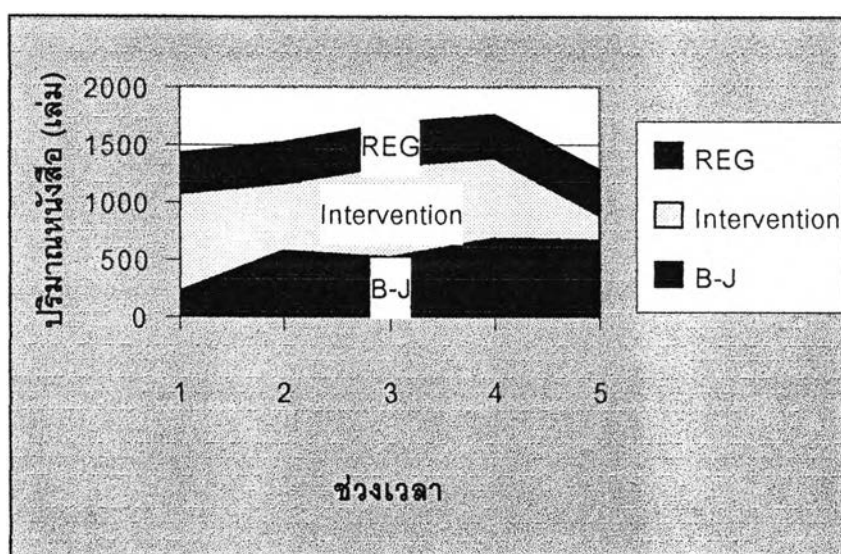
ช่วงเวลา ล่วงหน้า	จำนวนผู้เข้าใช้บริการ ในห้องสมุด (คน)	ปริมาณการยืมหนังสือ ระหว่างห้องสมุด (เล่ม)
พ.ย. 2543	49,803	361
ธ.ค. 2543	47,213	364
ม.ค. 2544	56,801	367
ก.พ. 2544	58,969	371
มี.ค. 2544	62,609	374

เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) ในอนาคต 5 ช่วงเวลา พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์วอนชัน (Intervention) และการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ (REG) ให้ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลาที่มีแนวโน้มลดลง ซึ่งแตกต่างจากผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) ให้ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลาที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังแผนภาพ 43



แผนภาพ 43 กราฟเปรียบเทียบผลการพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด

เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ในอนาคต 5 ช่วงเวลา พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน (Intervention) และการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรคัมมี (REG) ให้ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลาที่มีแนวโน้มลดลง ซึ่งแตกต่างจากผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) ให้ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลาที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังแผนภาพ 44



แผนภาพ 44 กราฟเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด

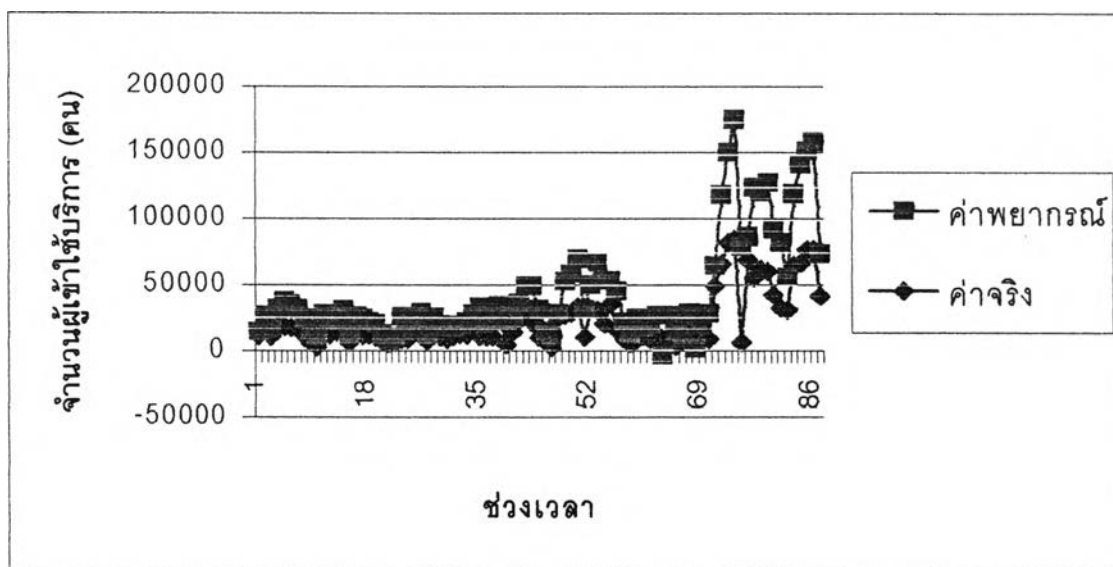
ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ระหว่างวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรคัมมี ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์เป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นการพล็อตกราฟค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ของแต่ละวิธี ตอนที่ 2 เป็นผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ในแต่ละวิธีด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า ได้แก่ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error : MdAPE) ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error : MdRAE) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อน

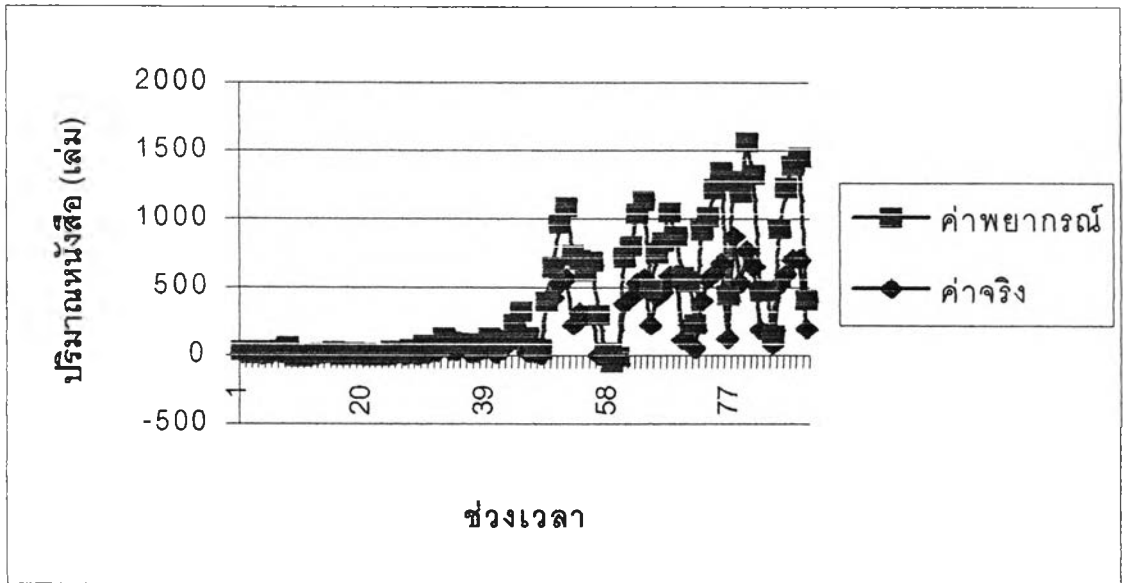
สมบรูณ์สัมพัทธ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute : GMRAE) และร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 4.1 การพล็อตกราฟค่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์

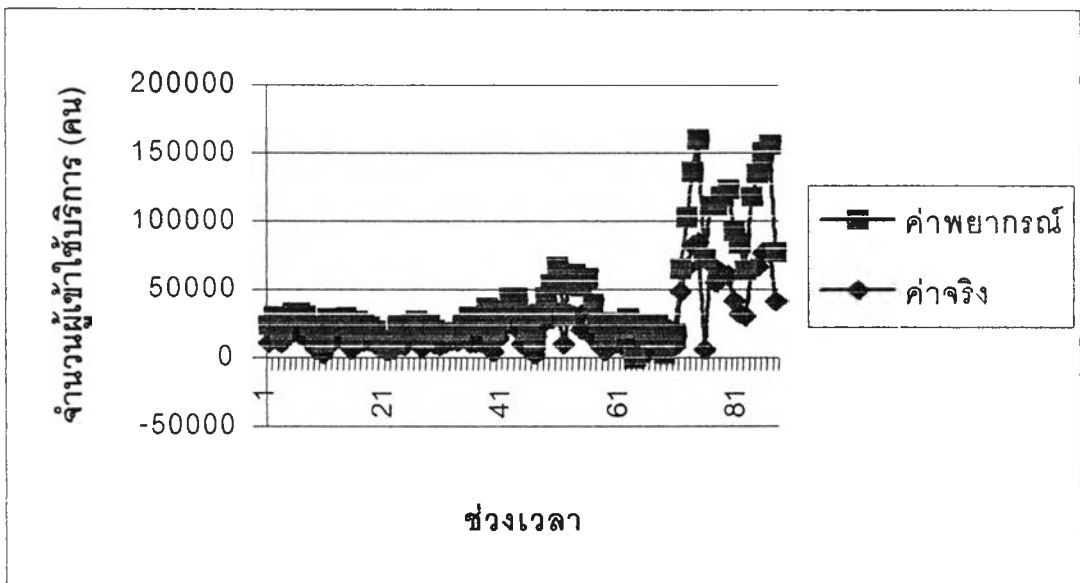
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ ผู้วิจัยนำค่าจริงของข้อมูลอนุกรมเวลากับค่าพยากรณ์ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดล อริมาอินเตอร์เวนชัน และการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ มาพล็อตกราฟดังแผนภาพ



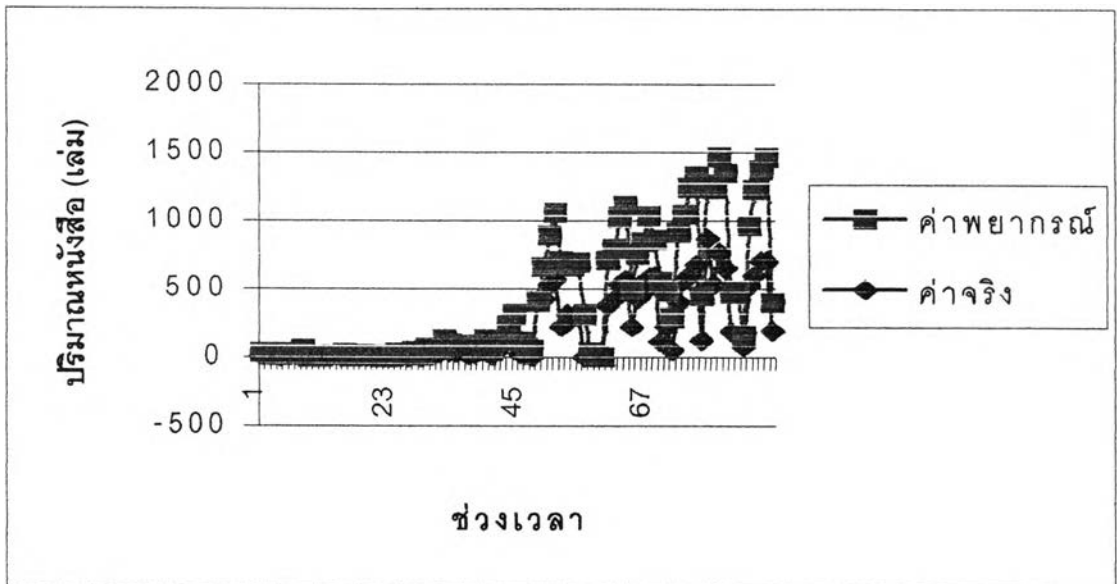
แผนภาพ 45 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



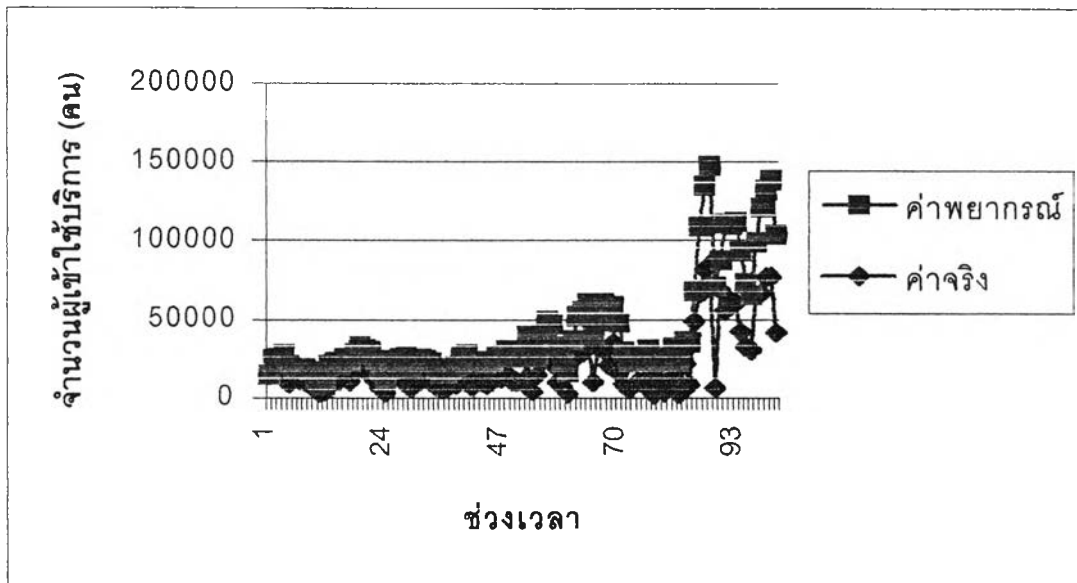
แผนภาพ 46 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



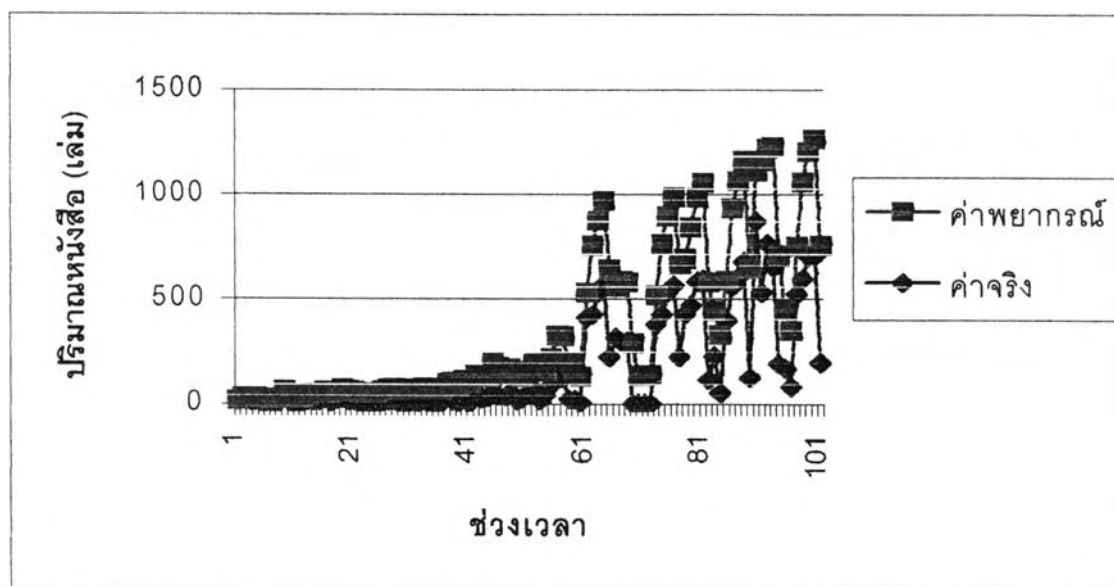
แผนภาพ 47 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน



แผนภาพ 48 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน



แผนภาพ 49 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดกับค่าพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรตัวมี



แผนภาพ 50 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดกับค่าพยากรณ์
ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่

จากกราฟการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ดังแผนภาพ 45 – 50 พบว่าการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ มีค่าใกล้เคียงกัน

การสรุปในตอนนี เป็นการสรุปจากการสังเกตลักษณะการเคลื่อนไหวของค่าจริงและค่าพยากรณ์ที่แสดงให้เห็นในลักษณะของรูปภาพซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ในตอนต่อไปผู้วิจัยได้นำขนาดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์มาพิจารณาร่วมกันเพื่อให้ได้ผลสรุปที่ชัดเจนมากขึ้น การคำนวณหาขนาดความคลาดเคลื่อนในตอนต่อไปนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า

ตอนที่ 4.2 การคำนวณหาขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลา

4.2.1 ผลการคำนวณหาขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) เมื่อใช้รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean

Square Error : RMSE) ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error : MdAPE) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error : MdRAE) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สัมพัทธ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute : GMRAE) และร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์เมื่อใช้เกณฑ์ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ และเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สัมพัทธ์ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แสดงว่าทั้ง 2 เกณฑ์คือ MdAPE และ GMRAE มีประสิทธิภาพในด้านของความตรงเชิงโครงสร้าง การป้องกันค่าสุดโต่ง และความไว ในการวัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และในกรณีของวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันเมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ เกณฑ์ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน และเกณฑ์ร้อยละที่ดีกว่าให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แสดงว่าทั้ง 4 เกณฑ์คือ RMSE, MAPE, MdRAE และ Percent Better มีประสิทธิภาพในด้านของความเที่ยง ความตรงเชิงโครงสร้าง การป้องกันค่าสุดโต่ง ความไว และความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจ ในการวัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน ดังนั้นจากการพิจารณาในภาพรวมสรุปได้ว่าวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด ดังรายละเอียดในตาราง 26

4.2.2 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) เมื่อใช้รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error : MdAPE) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error : MdRAE) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สัมพัทธ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute : GMRAE) และร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย เกณฑ์ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดใน

รูปร้อยละ และเกณฑ์ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อนให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แสดงว่าทั้ง 3 เกณฑ์คือ RMSE, MdAPE และ MdRAE มีประสิทธิภาพในด้านของความตรงเชิงโครงสร้าง การป้องกันค่าสุดโต่ง ความไว และความสัมพัทธ์ต่อการตัดสินใจ ในการวัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และในกรณีของวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันเมื่อใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สัมพัทธ์ และเกณฑ์ร้อยละที่ดีกว่าให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แสดงว่าทั้ง 3 เกณฑ์คือ MAPE, GMRAE และ Percent Better มีประสิทธิภาพในด้านของความเที่ยง ความตรงเชิงโครงสร้าง การป้องกันค่าสุดโต่ง และความไว ในการวัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน ดังนั้นจากการพิจารณาในภาพรวมสรุปได้ว่าวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมากที่สุด ดังรายละเอียดในตาราง 27

ตาราง 26 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน (Intervention) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ (REG)

วิธีการพยากรณ์	ค่าวัดความคลาดเคลื่อน					
	RMSE ¹	MdAPE ¹	MAPE ¹	MdRAE ¹	GMRAE ¹	Percent Better ²
B-J	76,755,540.74	20.50	63.29	31.50	0.79	86.21
Intervention	61,033,716.29	22.50	59.21	30.00	1.08	89.77
REG	81,626,814.48	24.50	86.30	35.00	1.06	84.16

หมายเหตุ 1 หมายถึง วิธีที่มีค่า RMSE, MdAPE, MAPE, MdRAE และ GMRAE น้อยที่สุด แสดงว่าวิธีนั้นมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

2 หมายถึง วิธีที่มีค่า Percent Better มากที่สุด แสดงว่าวิธีนั้นมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ตาราง 27 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือ
ระหว่างห้องสมุดด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้
เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน (Intervention) และวิธีการวิเคราะห์
การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ (REG)

วิธีการ พยากรณ์	ค่าวัดความคลาดเคลื่อน					
	RMSE ¹	MdAPE ¹	MAPE ¹	MdRAE ¹	GMRAE ¹	Percent Better ²
B-J	6,232.37	14.50	85.59	1.08	27.50	70.46
Intervention	6,408.39	17.50	83.57	2.39	26.50	72.73
REG	11,168.16	22.50	373.52	11.71	28.00	46.54

หมายเหตุ 1 หมายถึง วิธีที่มีค่า RMSE, MdAPE, MAPE, MdRAE และ GMRAE
น้อยที่สุด แสดงว่าวิธีนั้นมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

2 หมายถึง วิธีที่มีค่า Percent Better มากที่สุด แสดงว่าวิธีนั้นมีความ
คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

